৳

CZASOPISMO TECHNICZNE

ORGAN POLSKIEGO TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO WE LWOWIE

TOM 55 LWÓW, 10 LISTOPADA 1937 R. Nr. 21

Prof. Dr Inż. TADEUSZ MALARSKI
(LWÓW)

Teoria a praktyka w rozwoju radiotechniki.

(Wykład wygłoszony w czasie uroczystości otwarcia roku akademickiego na Politechnice Lwowskiej w dniu 4 października 1937 roku — roku zgonu *Guglielmo Marconiego*).

Ludzie podziwiający niezwykle szybki rozwój radiotechniki i jej rozlicznych zastosowań, stawiają często pytanie: czemu zawdzięczać należy rozwój tego działu techniki, teorii czy raczej może praktyce? Możnaby dać krótką odpowiedź na to pytanie. Odpowiedź taka nie byłaby jednak na pewno zadawalająca. Rzeczy wyjdą lepiej, jaśniej i konkretniej, gdy przytoczy się pewne fakty z historii radiotechniki. Z faktów tych wyłoni się sama odpowiedź na postawione pytanie. Co więcej, zyskamy pewne dane, które są nie tylko interesujące, ale ważne i pouczające. Poza tym, już z tych niewielu danych, które przytoczyć można w granicach czasu zakreślonych przez jeden krótki wykład, wyjdzie na jaw, ile to wysiłku myślowego i pracy uczonych, inżynierów i techników, w szerszym lub węższym tych słów znaczeniu, złożyło się na doprowadzeni radiotechniki do tego stanu, w jakim ją dziś posiadamy i podziwiamy.

Fale elektromagnetyczne, owe właśnie fale, które unoszą nam dziś, przez wolne przestrzenie, bez połączenia drutowego: znaki telegraficzne Morse'go, słowa, śpiew, muzykę, przepowiedział genialny fizyk angielski James Clerk Maxwell. Istnienie tych fal wyłoniło mu się z rozważań teoretycznych, w trakcie pracy nad ujęciem w zwarty system naukowy koncepcji jednego z najgenialniejszych eksperymentatorów świata Michała Faraday'a. Rozprawa naukowa p. t. „*O dynamicznej teorii pola elektromagnetycznego*", w której przepowiedział Maxwell te fale, ukazała się w roku 1864.

Ale zarówno w chwili ogłoszenia tej rozprawy, jak i w ciągu wielu jeszcze lat, wcale nie entuzjazmowano się Maxwella koncepcją fal elektromagnetycznych. Uważano ją za fantazję teoretyka. Nim stwierdzone zostało, że fale przepowiedziane przez Maxwella faktycznie istnieją, upłynęło lat przeszło dwadzieścia. Dokonał tego stwierdzenia Henryk Rudolf Hertz, uczeń sławnego fizyka i fizjologa niemieckiego Hermanna von Helmholtza, wykazując, że fale elektromagnetyczne, które narzuciła Maxwellowi teoria, wysyłane są przy przeskoku iskry elektrycznej. Hertz dokonał tego odkrycia w roku 1888 — Maxwell nie doczekał się już jednak tego, przemęczony nadmierną pracą, zmarł w roku 1879, w młodym stosunkowo wieku lat 49.

Jakkolwiek Hertz miał na celu zagadnienia czysto naukowe — a zapytany o możliwości praktycznego zastosowania fal elektromagnetycznych miał odpowiedzieć, że na razie tego nie przewiduje — ważnym i istotnym okazał się w czasie późniejszym, właśnie dla celów praktycznych, zastosowany przez niego sposób wytwarzania tych fal.

Ale w nauce i w technice nigdy przecież nie dokonuje wszystkiego jeden człowiek. Tak było i z Hertzem. Podstawą jego aparatury, służącej do wytwarzania określonych fal elektromagnetycznych był *induktor*, zbudowany już w roku 1851 przez Ruhmkorffa w Paryżu. Koncepcję oscylatora wytwarzającego fale dała mu *teoria wyladowania kondensatora elektrycznego przez cewkę indukcyjną*, wypracowana w roku 1853 przez sławnego fizyka angielskiego Williama Thomsona — późniejszego utytułowanego za prace naukowe i ich zastosowania do celów technicznych Lorda Kelvina — i potwierdzona przez przepiękne prace doświadczalne fizyka duńskiego Wilhelma Feddersena, wykonane w roku 1857. Zdaje się też nie ulegać wątpliwości, że ta teoria W. Thomsona oraz zjawiska akustyki dały Hertzowi pomysł genialnie prostego przyrządu do wykrywania fal elektromagnetycznych w wolnej przestrzeni, nazwanego przez niego *rezonatorem*.

Badania Hertza nie miały — jak to już wspomnieliśmy — na celu zastosowań praktycznych, zrealizowanych przez niego fal elektromagnetycznych. Chodziło mu głównie o takie rzeczy, jak wytwarzanie tych fal, o wykrywanie ich w pewnej odległości od przyrządu je wytwarzającego, o zmierzenie długości tych fal, o wyznaczenie chyżości ich rozchodzenia się w różnych ośrodkach i o zbadanie czy słuchają one praw promieniowania światła, a więc praw odbicia, załamania, uginania się, interferencji, polaryzacji itd. I istotnie, w swych sławnych badaniach, które jako sensacja obiegły świat cały, stwierdził on, że na falach Maxwella potwierdzały się zasadnicze zjawiska i prawa promieniowania świetlnego.

W okresie najbliższych lat po ogłoszeniu doświadczeń Hertza t. j. w czasie od roku 1888 do roku 1895 wykonywali różni fizycy szeregi doświadczeń z tymi falami. Powtarzano więc doświadczenia Hertza, modyfikowano nieco je-

go aparaturę wytwarzającą te fale, badano ich własności przy rozchodzeniu się po drutach, zajmowano się różnymi ich zastosowaniami do celów naukowych. Z uczonych, którzy wsławili się w tej dziedzinie badań wymienić należy w pierwszym rzędzie E. Lechera, Blondlota, H. Rubensa, P. Drudego, V. Bjerknesa i A. Righi'ego. Pracowano nad tymi falami i w Anglii i we Francji i w Niemczech i w Rosji i w Austrii i oczywiście także w innych krajach. Budziły one takie zainteresowanie, że w każdej niemal fizycznej pracowni uniwersyteckiej czy politechnicznej, wszędzie tam, gdzie znalazł się tylko żywszy człowiek, zajmowano się nimi, jeśli nie specjalnie, to przynajmniej dla celów wykładów. Zajmowali się też tymi falami niektórzy nauczyciele gimnazjalni i demonstrowali doświadczenia z nimi dla starszych uczniów.

Dla radiotechniki stała się istotną — jak już zaznaczyliśmy — aparatura nadawcza Hertza. O ile chodzi o wykrywanie tych fal na pewne znaczniejsze odległości czyli, jak się to dziś mówi o aparaturę odbiorczą, ówczesny przyrząd odbiorczy Hertza t. j. jego rezonator był za mało czułym przyrządem. Nadawał on się bowiem do wykrywania fal elektromagnetycznych tylko na zasięgi nie przekraczające rozmiarów wielkiej sali doświadczalnej.

Postęp w tym kierunku dało dopiero odkrycie, albo powiedzmy dokładniej, wypracowanie urządzenia, które było znacznie wrażliwsze na działanie tych fal niż rezonator Hertza. Urządzeniem tym był t. z. *koherer*, przyrząd wypracowany w roku 1890 przez uczonego francuskiego Edwarda Branly'ego. Jako pierwsze zastosowanie tego przyrządu notowane jest w literaturze urządzenie do sygnalizowania nadchodzących elektrycznych zaburzeń atmosferycznych. Urządzenie takie zastosował Aleksander Stefanowicz Popow, profesor szkoły marynarskiej w Kronsztadzie.

Przychodzimy do momentu szczególnie ważnego dla zastosowania fal Maxwella-Hertza do celów praktycznych t. j. do chwili, gdy zainteresował się tymi falami zmarły 20 lipca bieżącego roku Guglielmo Marconi. Zapoznał on się z tymi falami z rozpraw profesora uniwersytetu w Bolonii Dra Augusta Righi'ego. Doświadczenia z tymi falami opisywane przez tego uczonego owładnęły umysł młodocianego wówczas ucznia szkoły technicznej. Młodego Marconiego opanowała idea, że fale te winny się stać w najbliższej przyszłości środkiem porozumiewawczym na wielkie odległości. Postanawia podjąć własne doświadczenia nad zrealizowaniem tego pomysłu.

Pierwsze konkretne prace nad rozwiązaniem postawionego sobie problemu rozpoczął w czerwcu 1895 roku, w rodzinnej posiadłości Villa Griffone koło Bolonii. Posługując się znanymi podówczas środkami, składa z nich zręczną aparaturę nadawczą i odbiorczą i wprowadza do jej elementów tak celowe ulepszenia, że prawie z punktu zyskuje sukcesy.

Zarzucano Marconiemu, że środki, jakimi się posługiwał były to rzeczy znane, że zatem nie odkrył niczego nowego. W wynalazku swym posługiwał się bowiem: aparaturą nadawczą Hertza uzupełnioną iskiernikiem Righi'ego, urządzeniem przekaźnikowym wynalezionym przez Cooka i Wheatstona oraz przyrządem piszącym Morse'go. Faktem jest jednak, że ani jeden z fizyków czy też inżynierów elektryków nie potrafił złożyć z tych samych elementów aparatury, dającej takie efekty, jak te, które uzyskał Marconi. Slaby, profesor Politechniki w Charlottenburgu, który zajmował się równocześnie z Marconim tym zagadnieniem, pisał w roku 1898 w The Century Magazine, w artykule p. t. „The New Telegraphy", że wszystko to, czym posługiwał się Marconi, było znane i jemu, a mimo to nie był w możności telegrafować bez połączenia drutowego na odległość ponad 100 metrów, podczas gdy Marconi już w swych pierwszych próbach przesyłał za pomocą swej aparatury sygnały na odległość kilkuset metrów.

W rok po rozpoczęciu doświadczeń jest Marconi już tak zaawansowany ze swym wynalazkiem, że wyjeżdża do Londynu w celu opatentowania go. Patent zgłasza dnia 2 czerwca 1896 roku. W lipcu tego samego roku uzyskuje audiencję u naczelnego inżyniera państwowego Urzędu Telegrafów Sir Wiliama Preece'a, któremu przedstawia swój wynalazek. Marconi ma szczęście. Trafia na człowieka, który strawił przedtem 12 lat nad wypracowywaniem metody telegrafowania bez połączeń drutowych. Rezultaty tych prac, które oprócz Preece'a wykonywali także inni, były jednak bardzo nikłe.

I kto wie, czy nie temu właśnie spotkaniu się tych dwu ludzi zawdzięcza ludzkość dzisiejszą naszą radiotechnikę, a jeśli już nie samą radiotechnikę, to w każdym razie jej niezwykle szybki rozwój. Marconi 22-letni wówczas młody człowiek, mógł przecież natrafić na człowieka, który mimo piastowania wysokiego urzędu nie potrafiłby ocenić doniosłości wynalazku.

Sir Preece dostrzegłszy w wynalazku Marconiego rozwiązanie problemu, nad którym wysilał się wraz z innymi bezskutecznie przez szereg lat, zapala się do wynalazku. Poleca zademonstrować sobie działanie aparatury i zapoznaje się z jej urządzeniem. Ale nie dość na tym. Dnia 4 czerwca 1897 roku wygłasza w Królewskim Instytucie w Londynie wykład, w czasie którego przedstawia wynalazek Marconiego przed wypełnionym audytorium, złożonym z najwybitniejszych osobistości ze świata nauki, techniki, marynarki i wojska i wydaje o nim swą autorytatywną opinię. Opinię tę popiera wynikami szeregu wykonanych prób i podaje między innymi, że aparatura Marconiego dała doskonałe wyniki na odległość kilkunastu kilometrów przez kanał Bristol. Dodać tu trzeba, że Popow, który zbudował swój system telegrafii bezdrutowej, przesyłał w tym czasie sygnały na odległość około 5 wiorst.

Sir Preece nie tylko zatem zainteresował się wynalazkiem, ale nadto torował drogi młodemu wynalazcy. Podróż Marconiego do Londynu była więc pomysłem nader szczęśli-

wym. Autorytet Preece'a nie tylko jako człowieka piastującego wysoki urząd, ale i jako znakomitego fachowca, sprawia, że Marconi otrzymuje od rządu angielskiego środki na wykonanie doświadczeń na wielką skalę.

Młody wynalazca nie upaja się jednak sukcesami, ale pracuje wytężenie nad dalszymi ulepszeniami wynalazku i wykonuje od czerwca 1896 roku do grudnia 1898 roku całe szeregi dalszych doświadczeń i pokazów. Usilną i wytrwałą pracą dochodzi w tym krótkim czasie do tego, że przy końcu 1898 roku ma już wypracowany system telegrafii bezdrutowej, w pełni użyteczny dla komunikacji między okrętami a lądem. Zasięg telegrafowania bezdrutowego wynosił w tym czasie 14 mil angielskich.

Rzecz ważna, że system, który miał Marconi wówczas wypracowany, nie był to system dla krótkotrwałych tylko i błyskotliwych eksperymentów, ale system nadający się do celów radiokomunikacji. A to ogromna różnica, gdyż urządzenia dające najpiękniejsze efekty w pracy laboratoryjnej, nie nadają się zwyczajnie jeszcze do pracy w znaczeniu technicznym. Do tych celów muszą one być specjalnie ulepszone i wypracowane. Aby tego dokonać trzeba posiadać specjalne wrodzone zdolności. Takie właśnie zdolności posiadał w wysokim stopniu Marconi i co więcej jeszcze, obdarzony był rzadką umiejętnością wykorzystywania dla celów technicznych pozornie mało znaczących spostrzeżeń fizyków.

Powodzenia i sukcesy lat 1896—1898 dają Marconiemu podnietę do dalszej wytężonej pracy. Poprzednie prace stworzyły mu jednak sytuację, która pozwalała na realizację dalszych przedsięwzięć. W tym to czasie powstaje bowiem Towarzystwo Akcyjne ze znacznym kapitałem mające na celu eksploatację jego wynalazków. Wybitna indywidualność i świetne czyny, które Marconi ma za sobą, sprawiają, że Towarzystwo łoży na dalsze doświadczenia.

Lata od 1899 do 1903 to okres dalszych postępów w pracach Marconiego, postępów idących w zawrotnym wprost tempie.

Na wiosnę 1899 roku koresponduje już przez kanał La Manche na odległość 50 kilometrów. W tym czasie posługuje się po stronie odbiorczej transformatorkiem oscylacji t. z. *jiggerem*, którego wypracowanie kosztowało go niesłychanie wiele pracy i cierpliwości. Rok 1900 daje nowe postępy. W ciągu tego roku wykonuje Marconi doświadczenia z telegrafią bezdrutową opartą na nowej zasadzie, którą wziął z doświadczeń fizyka angielskiego Sir Olivera Lodge'a. Wypracowuje system, oparty na zasadzie dostrajania aparatury odbiorczej i nadawczej do rezonansu, który otrzymał nazwę *systemu telegrafii bezdrutowej syntonicznej*. Gdy mówi się o tym nowym systemie, nie sposób pominąć milczeniem zdolności eksperymentatorsko-technicznych, jakie przy każdej sposobności wykazywał Marconi. Lodge, odkrywca zjawiska rezonansu elektrycznego w pewnej specjalnej postaci, zgłosił w r. 1897 patent na urządzenie syntonicznej telegrafii bezdrutowej. Urządzenie to posiadało jednak wady w elementach. Marconi wziąwszy rzecz w swe ręce wypracowuje w krótkim przeciągu czasu system, który daje mu wraz z całym szeregiem jego własnych i bardzo pomysłowych szczegółów dalsze bezkonkurencyjne sukcesy. W roku 1901 wykonuje on przy pomocy tego nowego systemu szeregi doświadczeń między Francją i Korsyką oraz wykonuje doświadczenia na różne zasięgi na morzu mając do dyspozycji okręt księcia Monaco Princesse Alice. W doświadczeniach tych osiąga Marconi zasięg telegrafowania bezdrutowego ponad 170 kilometrów.

Marconi prze jednak ciągle naprzód. Przedstawia Towarzystwu założonemu dla eksploatacji jego wynalazków projekt wybudowania silnej stacji do prób na jeszcze większe odległości. Po zaaprobowaniu projektu buduje silną stację w miejscowości Poldhu w Cornvalii, w Anglii, dla której projektuje maszty i wielką sieć antenową. Przy projektowaniu, instalowaniu i uruchamianiu urządzeń zasilających wielką sieć antenową wyłaniają się wielkie trudności techniczne. Zostają one jednak szybko pokonane przy współpracy angieskiego fizyka i elektryka J. A. Fleminga. Już w początkach grudnia 1901 roku instalacja była na tyle gotowa, że można było podjąć próby telegrafowania na znacznie większe odległości niż dotychczas.

Po wielu doświadczeniach próbnych na lądzie i morzu, wykonywanych na różne odległości, zabiera Marconi ze sobą latawce i balony do unoszenia drutów antenowych w powietrzu oraz różne przyrządy do odbioru sygnałów i udaje się na Nową Fundlandię. I znowu sukces. Dnia 12 grudnia 1901 roku oczekując w St. Johns sygnałów ze stacji Poldhu, oczekując ich z zapartym oddechem, odbiera po raz pierwszy, na odległość 3000 kilometrów, trzy po sobie następujące kropki alfabetu Morse'go, znak litery S. W ciągu dwu następnych dni upewnia się ostatecznie o możliwości telegrafowania na tak wielkie odległości. A zatem, Atlantyk przekroczony.

Po tej wyprawie wraca Marconi do Anglii. Prowizoryczne maszty w Poldhu zostają zastąpione stałymi. W aparaturze tej stacji zostają wprowadzone ulepszenia wynikłe z doświadczeń. Na wniosek Marconiego decyduje się Towarzystwo na budowę dwu podobnych stacji w Ameryce.

Marconi pracuje tymczasem dalej. Odbywa podróże na wojennym okręcie Carlo Alberto, ofiarowanym mu przez rząd włoski do doświadczeń i bada ciągle zasięgi i warunki odbioru stacji Poldhu. W tym czasie stosuje wynaleziony przez siebie i opatentowany detektor magnetyczny. Wreszcie udaje się w podróż do Ameryki i odbiera sygnały nadawane przez tę stację podczas całej podróży przez Atlantyk. Prace na budowanych stacjach w Ameryce dobiegają końca. Rozpoczynają się próby nawiązania łączności między tymi stacjami a stacją Poldhu. Dnia 21 grudnia 1902 roku wymienia Marconi pierwsze radiotelegramy między stacją Poldhu i stacją Cape Breton w Kanadzie. Idą dalsze próby. Do połowy stycznia 1903 r. próby te dały tak dobre rezultaty, że dnia 19 stycznia tego roku zostaje

przesłany systemem Marconiego ze stacji na Cape Cod, na atlantyckim brzegu Stanów Zjednoczonych, do stacji Poldhu, oficjalny telegram Prezydenta Stanów Zjednoczonych Teodora Roosevelta do króla angielskiego Edwarda VII.

Olbrzymiej o przełomowym znaczeniu pracy dokonał Marconi. Czas zaś, w którym on tej pracy dokonał był istotnie rekordowy. Od pierwszych prac, które rozpoczął — podkreślamy — jako 21-letni młodzieniec — w tak krótkim czasie, jak niespełna lat 8, wypracował system telegrafii bezdrutowej, pozwalający na przesyłanie telegramów przez oceany. W tym nader krótkim czasie dokonał pionierskiej pracy, dokonał dzieła, które zadziwiało wówczas, zadziwia dziś i zadziwiać będzie zawsze. Okres czasu od roku 1895 do roku 1903 to niewątpliwie najpiękniejszy okres jego życia.

Przypomnienie prac Marconiego z tego właśnie okresu, wydaje mi się — zwłaszcza dla młodych, poświęcających się naukom technicznym — głównie z trzech względów ważne. Po pierwsze, z poczucia wdzięczności całej ludzkości, a więc i nas Polaków, za te jego fundamentalne prace dla radiotechniki. Po wtóre, ze względu na przykład, jakie to rezultaty osiągnąć można konsekwentną, wytężoną i nieustanną pracą. Po trzecie, ze względu na przykład umiejętności organizowania pracy, tego właśnie czynnika, którego nam Polakom tak bardzo brak.

Prawda, że powiodło się Marconiemu niezwykle szczęśliwe spotkanie z Sir Preecem, prawda, że miał wszechmożne poparcie, prawda, że dostarczono mu pieniędzy na przeprowadzanie zamierzeń, ale niech się nikomu nie wydaje, że przy realizowaniu tych zamierzeń nie miał trudności. Bez tych nie obejdzie się nigdy. Miał je przy zwalczaniu niewłaściwie dla celów technicznych funkcjonujących przyrządów. Wichry łamały mu maszty i zrywały sieci antenowe. Miał niezliczone trudności przy zastosowywaniu spostrzeżeń i prac poprzedników i przy wypracowywaniu własnych wynalazków. A jakież to wytrwałości trzeba było do ustawicznego przeprowadzania tych niezliczonych, nader nużących i na coraz to większą skalę przeprowadzanych prób. To potrafi ocenić tylko ten, kto bodaj dotknął się tej rzeczywistości. Ale, co najtrudniejsze, Marconi musiał przecież współpracować z ludźmi. Stopniowo miał do pomocy i monterów i techników i inżynierów i uczonych. W Towarzystwie eksploatującym jego wynalazki był cały sztab techniczny z autorytetami na czele. Autorytety lubią być mądre i przewidujące, miewają swoje zdania, swoje zastrzeżenia, swoje veta, zwłaszcza w tych przypadkach, gdy chodzi o coraz to nowe nakłady pieniężne.

Z tym wszystkim potrafił sobie jednak Marconi poradzić, potrafił nadto dobrać ludzi i stworzyć atmosferę zgranej współpracy. A to czynnik decydującego znaczenia.

Czcząc zasługi Marconiego, tego wielkiego Włocha, którego nazwisko zna świat cały, od pałaców królewskich do chat wieśniaczych, nie bądźmy jednak bezkrytyczni i nie sądźmy, że radiotechnika dzisiejsza to w całości jego dzieło. Weźmy tylko *lampę katodową* tę alfę i omegę dzisiejszej radiotechniki. Wyszła ona z prac znanego wynalazcy Edisona i fizyków niemieckich Elstera i Geitela. Zastosowali ją — po odpowiednim wypracowaniu — do celu odbioru sygnałów radiotelegraficznych J. A. Fleming, współpracownik Marconiego i fizyk niemiecki A. Wehnelt już w r. 1904 Ulepszył ją amerykanin Lee de Forest w r. 1908. Zajmowali się nią następnie uczeni Lieben, Reiss i Strauss stosując ją w niedoskonałej jeszcze postaci do celu wzmacniania sygnałów. I już w tych czasach (1913 r.) realizuje A. Meissner w Niemczech i E. H. Armstrong w Ameryce t. z. *generator lampowy oscylacji elektromagnetycznych*, ten fundament całej dzisiejszej radiotechniki. Jakżeby wyglądała dziś ta lampa oraz trudno dające się tu wyliczyć szeregi jej zastosowań bez prac zarówno teoretycznych jak i doświadczalnych uczonego angielskiego O. W. Richardsona, a przede wszystkim bez prac znakomitego uczonego amerykańskiego Irvinga Langmuira oraz prac H. J. Rounda i C. S. Franclina z Tow. Marconiego, a poza tym jeszcze prac H. Barkhausena, H. G. Möllera, E. V. Appletona, E. H. Colpittsa, C. Guttona, G. Vallauri'ego i tylu jeszcze innych. Marconi brał współudział w pracach nad stosowaniem lamp katodowych i wykazywał zawsze wielką pomysłowość w ich stosowaniu do różnych celów i położył cały jeszcze szereg — nie nadających się tu do wyliczania — zasług dla dalszego rozwoju radiotechniki.

Nader interesujący i pouczający jest następujący przykład z historii lamp katodowych, przykład wskazujący na to, jak to nauka czysta dać może nowy impuls technice i jak to z pozornie mało znaczących efektów fizycznych dojść może do nieoczekiwanych możliwości.

Oto z pewnych elektrycznych zjawisk wykazywanych przez żarzące się ciała a obserwowanych przez Edisona oraz Elstera i Geitela i przez innych fizyków przed nimi i po nich, wyłania się t. z. *teoria emisji elektronów przez żarzące się ciała*, którą stawia w r. 1901 uczony angielski O. W. Richardson. Uczony ten przeprowadza następnie badania doświadczalne mające na celu stwierdzenie tej teorii. Analogiczne pomiary wykonują też inni uczeni. Pomiary nie dają jednak zadowalających zgodności. Konsekwencją tego jest atak na teorię Richardsona. Powstaje wysunięty z różnych stron zarzut, że teoria tego uczonego nie jest słuszna. Richardson zaatakowany i zainteresowany ambicyjnie postanawia się bronić a dla lepszej obrony podejmuje nowe, znacznie dokładniejsze badania doświadczalne. Rezultaty jego pomiarów potwierdzają mu jednak jego koncepcje teoretyczne. Ale, co więcej, równocześnie z nim przeprowadza te same doświadczenia, na sposób jeszcze dokładniejszy, uczony amerykański Irving Langmuir, kierownik laboratorium firmy General Electric Co. w Schenectady koło Nowego Yorku. Mając do dyspozycji środki na skalę amerykańską, przeprowadza wraz ze swymi współpracownikami badania bar-

dzo wyczerpujące. Badania te ogłoszone w amerykańskim czasopiśmie The Physical Review w r. 1913 miały znaczenie fundamentalne zarówno dla teorii, jak i dla praktyki. Dla teorii z tego względu, że potwierdzały one w całej rozciągłości zarówno poglądy, jak i matematyczną teorię Richardsona oraz dlatego jeszcze, że uzupełniły one i rozszerzyły w znacznym stopniu ówczesne wiadomości co do procesów fizycznych odbywających się w wysoko-próżniowych lampach katodowych. Dla praktyki zaś z tego powodu, że sprecyzowane zostały po raz pierwszy warunki sporządzania lamp katodowych. Ważność tych warunków polega na tym, że dopiero od tego czasu można było przystąpić do *seryjnej fabrykacji lamp* tak, by każdy egzemplarz lampy posiadał, praktycznie rzeczy biorąc, te same własności. Dopiero od tej chwili mogła być mowa o zastosowaniu lampy katodowej na szeroką skalę i do różnych ściśle określonych celów.

Lampa katodowa zbudowana przez Langmuira dała początek. Za nią poszły dalsze. Rozpoczął się wyrób tych lamp na skalę przemysłową. W ślad za tym posypały się lawiną nowe pomysły, nowe urządzenia, o których przedtem nikomu się nawet śnić nie mogło. Z czasem zapanowała lampa katodowa w różnych postaciach tak wszechwładnie, że runąć musiały niedawno jeszcze nowe a teraz już z dnia na dzień starzejące się poprzednie systemy radiotechniczne. Wkrótce doszło do tego, że straciły rację bytu całe działy fabryczne, uruchomione do celów fabrykacji aparatur radiotelegraficznych dawnych typów. W ich miejsce musiały powstać nowe.

O ile chodzi zatem o fazy początkowego rozwoju radiotechniki, to kształtowały się rzeczy w ten sposób, że od czasu przytoczonej na początku rozprawy Maxwella do chwili podjęcia prac przez Marconiego, wszystko szło raczej od strony nauki — od dociekań teoretycznych czy doświadczalnych badań fizyków. Cały natomiast okres czasu od 1895 do 1903 t. j. okres pionierskich prac Marconiego, to czas zdecydowanej przewagi doświadczenia — w znaczeniu praktycznym — nad teorią.

Mimo to jednak pamiętać trzeba o tym, że obok pewnych własnych, bardzo prostych i kapitalnych rozwiązań technicznych, korzystał Marconi z prac fizyków i w wielu przypadkach prace te kontynuował doprowadzając je przez wyczerpujące badania własne do zastosowań praktycznych. Wspomnijmy dla przykładu jego badania nad ulepszeniem koherera Branly'ego, jego budowę detektora magnetycznego do odbioru sygnałów za pomocą telefonu, jego badania bardzo żmudne — nad wypracowaniem systemu telegrafii bezdrutowej syntonicznej, jego kapitalnie pomyślany i wykonany iskiernik rotacyjny, który dał praktycznie te same efekty co iskiernik płytowy Maxa Wiena, który zrodził się w pracowni fizycznej, itd.

Czas po roku 1903 to czas gruntowania się zdobyczy doświadczalnych i szczegółowe wypracowywanie technicznej strony urządzeń. To czas, w którym ludzie ściśle już związani z radiotechniką, tak cywilni, jak i wojskowi, inżynierowie fabryczni i fizycy, dorzucają cegiełki do ulepszeń i precyzowania działania zarówno aparatur nadawczych, jak i aparatów odbiorczych. Warto tu przytoczyć — znowu dla przykładu — że do dalszych postępów po pionierskich pracach Marconiego przyczyniło się w pierwszym rzędzie: wprowadzenie po stronie nadawczej iskierników rotacyjnego i płytowego. Wprowadzenie tych iskierników przyczyniło się bardzo znacznie do powiększenia zasięgów telegrafowania bezdrutowego a dając możność odbioru znaków alfabetu Morse'go w tonie muzycznym, przyczyniło się walnie do polepszenia warunków odbioru w okresach występowania elektrycznych zakłóceń atmosferycznych. Wiele przyczyniło się do postępów także wprowadzenie detektorów krystalicznych, gazowych i innych typów oraz ulepszenie słuchawek telefonicznych. Dalszy wreszcie postęp dały — jak to już zaznaczyliśmy — nowe lampy katodowe, w charakterze wzmaczniaczy odbieranych sygnałów. Ale te ostatnie to już właściwie okres wielkiej wojny.

Czas po roku 1903 to wreszcie czas, w którym rosną jak grzyby po deszczu różne systemy radiotelegraficzne, rozbudowywane w różnych krajach świata, a więc różne systemy iskrowe z systemem iskier dźwięczących na czele; system łuku elektrycznego inżyniera duńskiego Valdemara Poulsena, który powstał z t. z. *śpiewającej lampy łukowej* fizyka angielskiego Duddella — system, za pomocą którego w latach od 1905 do 1908 rozwiązany został w zasadzie, ale nie nadający się jeszcze do użytku technicznego, problem *telefonii bezdrutowej.* Poza tymi systemami wypracowano też systemy telegrafii bezdrutowej za pomocą *maszyn wysokiej częstości* (Fessenden, Alexanderson, Goldschmidt, Latour, Béthenod), dla których punktem wyjścia była maszyna zbudowana jeszcze w r. 1880 przez Mikołaja Teslę oraz systemy telegrafii bezdrutowej za pomocą t. z. *transformatorów częstości* (Epstein, Joly i Vallauri, hr. Arco). We wszystkich tych pracach przewijają się obok nazwisk wybitnych inżynierów także nazwiska fizyków.

Okres czasu po roku 1903, to jednak nie tylko okres gruntowania się zdobyczy doświadczalnych i nie tylko czas powstawania nowych systemów radiotechnicznych i szczegółowego wypracowania technicznej strony urządzeń. Zdobyczom doświadczalnym idą w sukurs badania ściśle naukowe. Wypracowuje się teoretycznie i uzgadnia doświadczalnie działania obwodów oscylacyjnych dla wyładowań iskrowych (F. Braun, M. Wien, H. Diesselhorst, G. W. Pierce, J. A. Fleming, C. Fischer i inni). Uczeni opracowują teorię działania anten i zajmują się teorią ich promieniowania (A. Slaby, M. Abraham, H. Poincaré, A. Blondel, F. Hack, J. A. Fleming, W. L. Austin, R. Rüdenberg i inni). Wykonuje się szeregi badań nad oscylacjami wytwarzanymi przez łuk elektryczny (V. Poulsen, H. Th. Simon i M. Reich, A. Blondel, J. A. Fleming, J. T. Morris, L. W. Austin etc.) i nad mikrofonami (V. Poulsen, A. F. Collins, W. Dubilier, Q. Majorana, J. Vanni, F. J. Chambers). Nadto zajmują się uczeni budową specjalnych

przyrządów pomiarowych dla celów radiotechniki jak analizatorów wyładowań elektrycznych, wskaźników rezonansu, falomierzy, oscylografów (J. A. Fleming, F. Braun, J. Dönitz, A. Blondel, W. Duddell, E. Gehrke i inni). Wypracowuje się różne typy kondensatorów elektrycznych, cewek indukcyjnych i wariometrów (J. A. Fleming, R. A. Fessenden, M. Wien, I. Mościcki, G. Seibt, R. Rendahl i inni), opracowane zostają t. z. *radiogoniometry* (Bellini i Tosi). — W tym czasie powstaje nowa specjalna metodyka badań naukowych i pomiarów dla celów radiotechniki, która znajduje z czasem szerokie zastosowania i w innych naukach.

Okres czasu od r. 1913 t. j. od oddania przez Langmuira do użytku praktycznego wysoko-próżniowej lampy katodowej, do chwili obecnej — to znowu nie tylko okres jeszcze ściślejszej współpracy nauki i techniki, ale okres, w którym pełnymi garściami korzysta technika z całego szeregu zdobyczy naukowych fizyki. Przytoczymy dla przykładu: Emisja elektronów przez żarzące się ciała jako podstawa pod budowę lamp katodowych, emisja elektronów wtórnych jako podstawa pod budowę *dynatronów* (A. W. Hull), zachowanie się ruchomych elektronów w polach magnetycznych (H. Greinacher, A. W. Hull) jako podstawa pod budowę t. z. *magnetronów*, zastosowanie t. z. zjawiska fotoelektrycznego (H. Hertz, W. Hallwachs, J. Elster, i H. Geitel) do budowy t. z. *komórek fotoelektrycznych*, które wraz z t. z. efektem Kerra wyzyskano do celów *kinematografii dźwiękowej* i do *telewizji*, teorie powstawania drgań elektrycznych o bardzo wysokich częstościach wytwarzanych przez specjalne układy dołączone do lamp katodowych (Barkhausen i Kurz, Gill i Morell, Pierret, W. Mesny, B. van der Pol), teorie rozchodzenia się krótkich fal w górnych warstwach atmosfery ziemskiej (T. L. Eckersley i inni).I t. d. i t. d.

A teraz jeszcze jeden szereg faktów.

Marconi, rozpoczynając w roku 1895 swe prace nad zastosowaniem fal Maxwella-Hertza, posługiwał się na samym początku nadajnikiem, który wytwarzał fale o długościach kilku metrów. Pierwsze jednak sukcesy uzyskał on przez połączenie jednego bieguna wibratora z ziemią, a drugiego bieguna z drutem wystającym w powietrze. Pociągnęło to za sobą przedłużenie długości fali. W dalszych pracach stosował Marconi coraz to większe anteny, co powodowało dalsze przedłużanie długości fali i potrzebę zwiększania mocy nadawczej. W pierwszych próbach nad uzyskaniem połączenia radiotelegraficznego między Anglią i Ameryką wynosiła fala pracy około 6000 metrów. Była więc około tysiąc razy dłuższa od fal wytwarzanych przez wibrator Hertza. Długości fal, jakie stosowano później dla stacji lądowych i morskich wynosiły z reguły od 400 do 3000 metrów. Gdy zastosowano do celów radiokomunikacji maszyny wysokiej częstości, wzrosły długości fal pracy aż do 30.000 metrów. Do celów radiokomunikacji na niewielkie odległości stosowano fale krótsze, ale długość fali 150 metrów była to już najkrótsza ze stosowanych w technice fal. Fale jeszcze krótsze uważane były prawie za bezużyteczne dla radiokomunikacji. Jeśli zaś chodziło o korespondencje na bardzo wielkie odległości — a zwłaszcza o korespondencje niezawodne — utarł się w kołach radiotechników pogląd, że do tych celów nadają się tylko fale długie.

Początkowe sukcesy Marconiego były zatem tym czynnikiem, który narzucił radiokomunikację na znaczniejsze odległości na t. z. *falach długich*. Dla korespondencji na wielkie odległości budowano stacje o wielkich masztach i stosownie wielkich sieciach antenowych. Do zasilania ich potrzebne były moce liczące się na dziesiątki a nawet setki kilowatów. Były to całe elektrownie. Jako przykład takiej stacji niech posłuży nasza — za polskich już czasów zbudowana — *stacja transatlantycka w Babicach pod Warszawą*. Stacja ta, to wielkie budowle z wielkimi maszynami i szeregiem skomplikowanych urządzeń. Antena zawieszona jest na 10 wieżach żelaznej konstrukcji. To te wieże, które obserwuje podróżnik z okien wagonu kolejowego przy dojeździe do Warszawy od strony Skierniewic.

Takie to kolosy budowano jeszcze w latach powojennych.

Już jednak w roku 1916 rozpoczął Marconi doświadczenia z *falami krótkimi* i wykonał wraz ze swym współpracownikiem C. S. Franklinem szereg doświadczeń. Stosował on w tym czasie taki sam iskrowy nadajnik, jak przed dwudziestu laty. Do odbioru fal używał jednak tym razem detektora krystalicznego. Zastosował jednak także metaliczne reflektory paraboliczne, mające na celu skierowanie energii wysyłanej przez nadajnik w określonym kierunku. Zastosował zatem te same reflektory, za pomocą których Hertz stwierdził optyczne własności fal wysyłanych przez jego wibrator.

Próby lat 1916 i 1917 dały takie rezultaty, że przy posługiwaniu się nadajnikiem iskrowym wysyłającym fale od 3 do 5 metrów i przy użyciu reflektorów, można było korespondować na odległość do 30 kilometrów.

W tym czasie stosowane są już jednak lampy katodowe na szerszą skalę. Franklin buduje więc stacje lampowe na krótkie fale i wykonuje z nimi znowu szeregi doświadczeń. Np. w roku 1919 posługując się nadawczą stacją lampową o długości fali 15 metrów i reflektorami, otrzymuje połączenia radiofoniczne najpierw na odległość 32, wkrótce potem na odległość 125 i wreszcie na odległość 160 kilometrów. Zważmy jednak, że w porównaniu z tymi odległościami, na które już odbywa się regularna korespondencja transoceaniczna na falach długich, były to odległości znikome.

Aż tu nagle w czasie prób i wysiłków tych najsławniejszych radiotechników świata, nadchodzą wiadomości, że radioamatorzy amerykańscy, francuscy i angielscy stwierdzają, że przy mocach nadawczych 1-go, 0,4 0,2, 0,1 kilowata, a nawet jeszcze mniejszych i na długościach fal między 100 a dwudziestu kilku metrami, możliwa jest radiokomunikacja na odle-

głości liczące się na wiele tysięcy kilometrów. *Odkrycie to stanowi rewelację.* A więc do radiokomunikacji na wielkie odległości nie potrzebne są ani długie fale, ani wielkie moce. Okazuje się, że zbędne są i te olbrzymie maszty i te wielkie sieci antenowe i te całe elektrownie. Pokazuje się z czasem, że jakiś radioamator, siedząc gdzieś na poddaszu, z aparaturą lampową mieszczącą mu się na niewielkim stole i przy użyciu ledwie zauważyć się dającej anteny dachowej, pod postacią pojedynczego krótkiego drutu, porozumiewa się np. z Anglii z drugim radioamatorem mieszkającym gdzieś za lądami i oceanami, np. w Nowej Zelandii czy Australii czy Brazylii. Zwalił się zatem ustalony od wielu lat w kołach radiotechników świata całego pogląd, że tylko na falach długich i przy stosunkowo wielkich mocach możliwa jest radiokomunikacja na wielkie odległości.

Zastanówmy się tylko! Ileż to wysiłku myślowego, ileż to pracy ludzkiej włożono od czasu pionierskich prac Marconiego na rozwijanie i fundowanie radiotechniki, jakież to sumy pieniężne przewalić się musiały przez przeciąg lat dwudziestu kilku poprzez warsztaty i fabryki, ileż to pieniędzy wydać musiano na instalowanie stacji radiotelegraficznych lądowych różnych wielkości i stacji, które zainstalowano na okrętach flot wojennych czy handlowych świata całego, nim doszło do poznania tych możliwości?

Gdy wypowiadam jednak te słowa budzi mi się refleksja, nasuwają mi się obawy, by z jednej strony nie zostać źle zrozumianym, a z drugiej, by dopiero co wypowiedziane słowa nie przyprawiły radioamatorów o zawrót głowy. Dla wyjaśnienia znowu zatem kilka faktów.

Otóż w różnych krajach przesyłaniem sygnałów za pomocą krótkich fal elektromagnetycznych zajmowali się oprócz fachowców także amatorzy. Amatorami takimi byli ludzie, którzy pod względem wiedzy nie ustępowali fachowcom i tacy, którzy byli mniej zaawansowani w sensie naukowo-technicznym i wreszcie tacy, którzy byli amatorami w dosłownym tego słowa znaczeniu. W czasie do wielkiej wojny było ich najwięcej w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Gdy jednak Stany Zjednoczone przystąpiły do wojny, musiała ustać działalność radioamatorów. Wielu z nich oddało swe doświadczenie na usługi wojska i marynarki. Gdy skończyła się wojna, zasobni w nowe doświadczenia i poznawszy nowe środki, postanowili wznowić swe prace amatorskie. Od roku 1919 rozwija ożywioną działalność amerykańskie zrzeszenie radioamatorów pod nazwą „American Radio Relay League", pod przewodnictwem Hirama Percy Maxima. Zrzeszenie to podejmuje w tymże roku próby nad możliwościami *radiokomunikacji na falach krótkich* między Ameryką i Europą. Stacje amatorskie pracowały wtedy w Stanach Zjednoczonych do maksymalnej mocy nadawczej 1000, we Francji 100, w Anglii 10 watów. Co do długości fali zalecili fachowcy radiotechnicy pracę na fali 200 metrów.

Próby radioamatorów nad korespondencją z Ameryki do Europy podjęte w roku 1919 nie dały jednak żadnego rezultatu. Radio Relay League nie zniechęca się tym jednak i przygotowuje się do następnej serii prób. Przypadł na nią czas na grudzień 1921 roku. Amatorzy amerykańscy nie mają jednak zaufania do swych europejskich kolegów i wysyłają jednego ze swoich do Europy. Wybór pada na Pawła Godley'a. Zabiera on ze sobą *10-lampową superheterodynę* i udaje się do Anglii, gdzie na jednym z przedmieść Londynu instaluje stację odbiorczą. Nie uzyskuje jednak znowu żadnych rezultatów. Godley nie zraża się jednak. Wyjeżdża do Szkocji i instaluje stację odbiorczą nad brzegiem morza, w namiocie. Warunki pracy ma fatalne, leją deszcze i panują nieznośne wiatry. Już pierwszej nocy musi naprawiać antenę. Po naprawieniu anteny nie tylko nie słyszy żadnego ze swych amerykańskich kolegów, ale nie słyszy w ogóle nikogo. Pracuje w napięciu nerwów. Czas wyznaczony na próby — od 7 do 18 grudnia — ucieka. Dnia 9 grudnia słyszy jednak po raz pierwszy, słyszy doskonale, stację amatorską amerykańską. Dnia 11 grudnia słyszy drugiego amatora amerykańskiego i znowu słyszy doskonale. Sygnały są silne i czyste. Do końca czasu, wyznaczonego na próby, odbiera Godley, na fali 200 metrów, 27 różnych stacyj amerykańskich, które identyfikuje z łatwością.

Możliwość radiokomunikacji transatlantyckiej na fali 200 metrów zostaje zatem stwierdzona.

Trzecia seria prób korespondencji transatlantyckiej zostaje zorganizowana na grudzień 1922 roku. Tym razem pracują członkowie Radio Relay League z amatorami europejskimi, a w szczególności ze zrzeszeniem radioamatorów francuskich „Comité Français des Essais Transatlantiques". Próby te wypadają nadspodziewanie dobrze. Słyszano w tym czasie w Europie 246 radioamatorów amerykańskich, dzięki ich możności pracy większymi mocami nadawczymi, niż to było dopuszczalne w Europie. Radioamator francuski Leon Deloy, pracujący stacją zainstalowaną w Nicei słyszany był także w Ameryce.

Pracujący tymczasem systematycznie Marconi i Franklin używając stacji lampowych zbudowanych na fali 15 metrów, o mocy doprowadzonej 700 watów i przy użyciu reflektorów, stwierdzają w ciągu roku 1921, że transmisja kierunkowa daje doskonałe rezultaty na niewielkie odległości. W tymże roku przeprowadzają, bez użycia reflektorów, bardzo też udałe próby radiofoniczne między Anglią i Holandią, stosując fale o długości 100 metrów. Odbierano ich też w tym czasie podczas wielu nocy i szereg razy w porze dziennej w Oslo, w Norwegii, co stanowiło rzecz przez nich nieoczekiwaną.

Jasne więc, że gdy otrzymali wiadomości o sukcesach transatlantyckich radioamatorów, byli tym zaskoczeni. I jasne też, że te sukcesy dały im impuls do podjęcia doświadczeń nad radiokomunikacją na falach krótkich na wielkie odległości.

Od roku 1922 zaczynają się w Towarzystwie

Marconiego przygotowania do przeprowadzenia doświadczeń z falami krótkimi celem przekonania się o możliwościach użycia ich do celów regularnej radiokomunikacji na wielkie odległości. W historycznej stacji Poldhu zostaje zbudowana stacja lampowa z anteną reflektorową dla fali 97 metrów. Moc doprowadzona stacji tej wynosiła 12 kilowatów. Na jachcie Marconiego Elettra zostają zainstalowane odbiorniki. Doświadczenia rozpoczynają się na wiosnę 1923 roku. Rezultatem tych doświadczeń było to, że sygnały wysyłane przez stację Poldhu okazały się jako dostatecznie dobre dla celów radiokomunikacji na fali 97 metrów aż do odległości 2300 mil angielskich i to przez całe 24 godzin na dobę, choć w dzień wychodziły słabiej niż w nocy. Rezultaty te otrzymano przy stosowaniu w Poldhu mocy doprowadzonej 1 kilowata. Wywnioskowano wtedy, że w porze nocnej możliwa będzie radiokomunikacja z Brazylią.

Radioamatorzy, którzy na skutek swych sukcesów kpili sobie w tym czasie z uczonych i fachowców radiotechników, nie dają się jednak ubiec. W listopadzie 1923 roku radioamatorzy, amerykański F. H. Schnell i francuski L. Deloy pracując na fali 100 metrów ustalają radiokomunikację dwukierunkową przez przeciąg przeszło godziny w porze nocnej. Inni z nich ustalają połączenia: w maju 1924 między Buenos-Aires i Nową Zelandią, w październiku tegoż roku między Anglią i Nową Zelandią itd. W roku 1925 stacja Mill Hill w Londynie utrzymuje jedyny kontakt z ekspedycją arktyczną, a amator angielski 2NM utrzymuje kontakt z ekspedycją do dziewiczych puszcz Brazylii.

Te wyczyny radioamatorów budziły podziw powszechny i zyskały uznanie wszystkich, nie wyłączając fachowców radiotechników. Sukcesy ich stały się tym pełniejsze, że w roku 1925 wykazali możliwość radiokomunikacji transatlantyckiej w porze dziennej przez przeciąg jednego miesiąca.

Takie to były początki radiokomunikacji na falach krótkich na wielkie odległości. Rzecz jasna, że wzięli te rzeczy w swe ręce radiotechnicy. W krótkim już stosunkowo czasie pokryty został cały glob ziemski krótkofalowymi stacjami. Towarzystwo Marconiego wypracowało całą sieć krótkofalową dla komunikacji Anglii z Kanadą, Stanami Zjednoczonymi, Ameryką Południową, Afryką Południową, Australią, Indiami itd. Inne kraje a przede wszystkim Stany Zjednoczone, Niemcy, Francja, Włochy, Japonia i inne nie pozostały oczywiście w tyle.

Że radioamatorzy wielce się zasłużyli w tych postępach, to nie ulega żadnej wątpliwości. Zauważyć jednak warto, że kpiąc sobie z fachowców i uczonych zapomnieli o tym, że wszystkie swe sukcesy i wszelkie radości, jakich doznali, zawdzięczali środkom, które dostali w swe ręce, a tymi były *czułe odbiorniki i* — znowu *lampy katodowe*. A i to wydaje się być jasnym, że Marconi i Franklin mając swe rezultaty z roku 1921 byliby doszli ostatecznie do tych samych rezultatów, których uzyskanie przyspieszyli radioamatorzy. Było to tylko kwestią czasu.

A teraz — na zakończenie — wróćmy jeszcze na chwilą do pytania postawionego na początku: teorii czy może raczej praktyce zawdzięczać należy rozwój radiotechniki? Wydaje mi się, że teraz odpowiedź na to pytanie wyłania się sama. Z tych wielu stosunkowo faktów, z tych nielicznych fragmentów, wybranych z historii radiotechniki, wynika jak na dłoni, że radiotechnikę zawdzięcza ludzkość jak najściślejszej współpracy nauk fizycznych z naukami technicznymi. Nauki fizyczne dawały — przez swe zdobycze doświadczalne i teoretyczne — idee i impulsy technice. Technika dała swoje. Przez rozmach pracy techników dokonane zostały rzeczy, których fizycy matematyczni czy doświadczalni nie byliby dokonali nigdy. Z tych znowu prac techników wyłoniły się dla nauki czystej nie tylko szeregi zagadnień do rozwiązania, ale przy współpracy fizyków wynikły dalej i nowe środki techniczne i całe szeregi nowych przyrządów, zarówno dla celów ściśle technicznych, jak i dla celów naukowo-badawczych. Te zaś umożliwiły z kolei wielkie postępy w fizyce, chemii, naukach technologicznych i wreszcie w medycynie i naukach biologicznych.

Inż. Dr TOMASZ KLUZ
(LWÓW)

Ramy jednoprzęsłowe prostokątne.

(Dokończenie).

Obciążenie rozpory.

W przypadku obciążenia rozpory (ryc. 5) warunek wtórnych oddziaływań (równ. 14) przybierze postać:

$$\frac{1}{I_0}\cdot\tfrac{1}{3}M_1.h+\frac{1}{I_1}\left(O+\frac{M_1+M_2}{2}.l\right)+$$

$$+\frac{1}{I_0}\cdot\tfrac{1}{3}M_2.h=0. \quad . \quad . \quad . \quad (18a)$$

Dla tego rodzaju obciążenia warunek rzutów daje nam (por. równ. 10):

$$H_A+H_B=0. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Ponieważ $M_1=H_A.h$, oraz $M_2=H_B.h$, więc z równania (19) wynika równość obydwu momentów w narożach:

$$M_1=M_2. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (20)$$

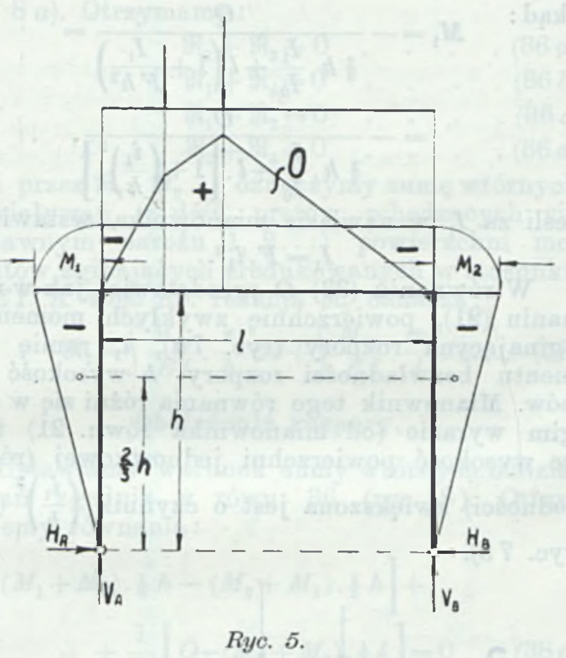
Otrzymamy więc równanie (18a) w postaci uproszczonej:

$$\frac{1}{I_0}\cdot\tfrac{2}{3}M_1.h+\frac{1}{I_1}.O+\frac{1}{I_1}.M_1\,l=0, \quad . \quad (18b)$$

skąd:

$$M_1=M_2=-\frac{O}{\tfrac{2}{3}h\cdot\frac{I_1}{I_0}+l} \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

W równaniu (21) przez O oznaczyliśmy powierzchnię zwykłych momentów zginających w rozporze l równą sumie wtórnych oddziaływań tej powierzchni R_1+R_2 na obydwu podporach *1* i *2*.



Ryc. 5.

W przypadku stałego przekroju rozpatrywanej ramy ($I_0=I_1$) równanie (21) możemy napisać w postaci:

$$M_1=M_2=-\frac{O}{r}=-\frac{R_1+R_2}{r}, \quad (22)$$

jeśli zgodnie z równaniem (17) przez r oznaczymy „jednostkową wtórną reakcję" ramy dwuprzegubowej. Wyrażoną równaniem (22) wartość momentów narożnych możemy więc określić następująco:

„Moment narożny M_1 (M_2) ramy dwuprzegubowej (prostokątnej) o stałym przekroju (lub w przybliżeniu gdy średni zastępczy moment bezwładności I_0 słupów równy jest momentowi bezwładności rozpory I_1) dowolnie obciążonej w rozporze równy jest ilorazowi z sumy wtórnych oddziaływań powierzchni zwykłych momentów zginających w obydwu narożach i sumy wtórnych oddziaływań powierzchni momentów jednostkowych".

Jeśli porównamy ze sobą równania (16) (obciążenie słupa) i (21) (obciążenie rozpory) to zauważymy, że wartość na momenty narożne przy obciążeniu rygla wyprowadzić możemy również z równań na momenty narożne pod obciążeniem słupa, jeśli w równaniu (16*a*) wstawimy $P=0$ (brak sił poziomych) za R wstawimy sumę wtórnych reakcyj $R_1+R_2=O$ oraz gdy stosunek momentów bezwładności $\frac{I_0}{I_1}$ zastosujemy do h a nie do l.

Wpływ naprężeń termicznych.

Załóżmy, że mamy do czynienia z równomiernym podwyższeniem temperatury (w przekrojach) w stosunku do temperatury wykonania konstrukcji. Takie podwyższenie temperatury wywołuje równomierne zwiększenie długości włókien, a więc i przesunięcie sumaryczne naroży 1 i 2 (ryc. 6*a*) o wartość $\delta_1+\delta_2$. Suma różnic potencjału zastosowana do obydwu naroży (równ. 14) nie będzie więc miała wartości zerowej, lecz wartość równa sumarycznemu odkształceniu.

Sumę składowych poziomych przesunięć naroży *1* i *2* łatwo wyznaczyć, wynosi ona:

$$\delta_1+\delta_2=\alpha t l, \quad . \quad . \quad . \quad (23)$$

gdy przez α oznaczymy współczynnik rozszerzalności, przez t różnicę temperatur w stopniach (Celsiusa).

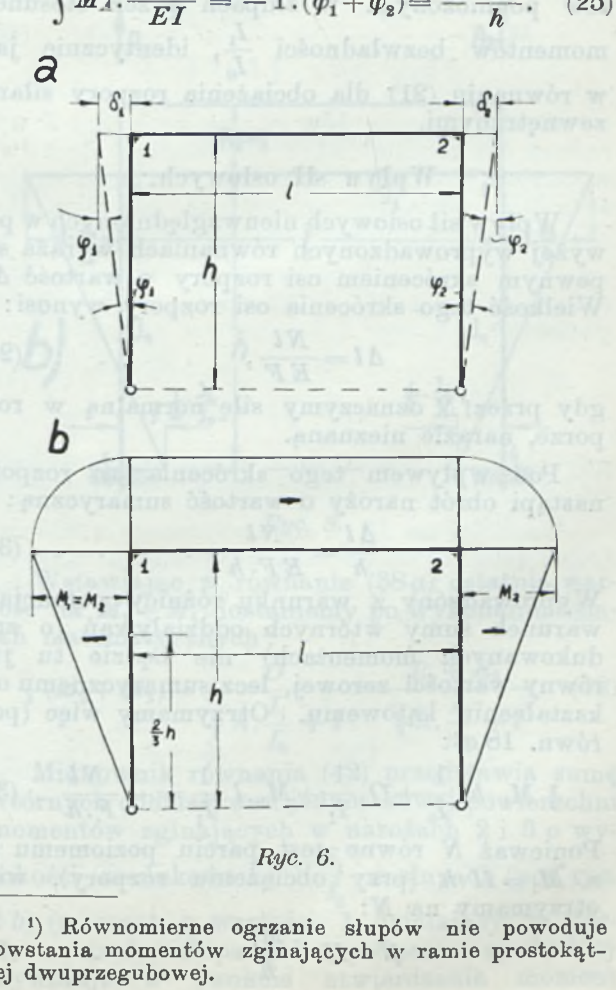
Opór, jaki przesunięciu naroży stawiają słupy jest przyczyną powstawania momentów zginających w słupach, a stąd i w rozporze [1]).

Wyprowadzony z warunku różnicy potencjału warunek sumy wtórnych oddziaływań (o zredukowanych momentach) nie będzie równy wartości zerowej, lecz sumarycznemu odkształceniu naroży *1* i *2*. Ponieważ chodzi o momenty, więc jako *uogólnioną współrzędną* bierzemy sumaryczne odkształcenie kątowe, które zgodnie z ryc. 6*a* jest równe:

$$\varphi_1+\varphi_2=\frac{\delta_1+\delta_2}{h}=\frac{\alpha t l}{h}. \quad . \quad . \quad (24)$$

Otrzymamy więc równanie:

$$\int M_A\,\frac{M_B\,ds}{EI}=-1.(\varphi_1+\varphi_2)=-\frac{\alpha t l}{h} \quad (25)$$



Ryc. 6.

[1]) Równomierne ogrzanie słupów nie powoduje powstania momentów zginających w ramie prostokątnej dwuprzegubowej.

Równanie wtórnych oddziaływań przy stałym momencie bezwładności słupów I_0 i stałym mom. bezwł. I_1 otrzyma postać:

$$\tfrac{2}{3}\frac{M_1.h}{I_0}+\frac{M_1.l}{I_1}+\frac{\alpha t l.E}{h}=0. \quad . \quad (26)$$

Równanie (26) przedstawia, podobnie jak i przy obciążeniu siłami zewnętrznymi rozpory, sumę wtórnych oddziaływań powierzchni zredukowanych (podzielonych przez momenty bezwładności poszczególnych elementów) momentów w obydwu narożach ramy *1* i *2*, która to suma już nie jest równą wartości zerowej, lecz wartości $-\alpha t E.\frac{l}{h}$.

Na M_1 (M_2) otrzymamy wartość:

$$M_1=M_2=-\frac{\alpha t E I_1.\frac{l}{h}}{\frac{2}{3}h.\frac{I_1}{I_0}+l}=-\frac{O_t'}{\frac{2}{3}h\frac{I_1}{I_0}+l}, \quad (27)$$

jeśli przez O_t' oznaczymy wyrażenie:

$$O_t'=\alpha t E I_1\frac{l}{h}. \quad . \quad . \quad (28)$$

Wyrażenie to uważać możemy za pewnego rodzaju pomyślaną powierzchnię obciążającą rozporę ramy, a wywołaną podwyższeniem temperatury o t^0.

Mianownik równania (27) przedstawia sumę wtórnych oddziaływań jednostkowych momentów pomnożonych w słupach przez stosunek momentów bezwładności $\frac{I_1}{I_0}$, identycznie jak w równaniu (21) dla obciążenia rozpory siłami zewnętrznymi.

Wpływ sił osiowych.

Wpływ sił osiowych nieuwzględnionych w powyżej wyprowadzonych równaniach wyraża się pewnym skróceniem osi rozpory o wartość Δl. Wielkość tego skrócenia osi rozpory wynosi:

$$\Delta l=\frac{Nl}{EF}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

gdy przez N oznaczymy siłę normalną w rozporze, narazie nieznaną.

Pod wpływem tego skrócenia osi rozpory nastąpi obrót naroży o wartość sumaryczną:

$$\frac{\Delta l}{h}=\frac{Nl}{EF\,h} \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

Wyprowadzony z warunku różnicy potencjału warunek sumy wtórnych oddziaływań (o zredukowanych momentach) nie będzie tu już równy wartości zerowej, lecz sumarycznemu odkształceniu kątowemu. Otrzymamy więc (por. równ. 18 *a*):

$$\tfrac{2}{3}M_1.h.\frac{1}{I_0}+O.\frac{1}{I_1}+M_1.l.\frac{1}{I_1}=-\frac{Nl}{F.h} \quad . \quad (31)$$

Ponieważ N równe jest parciu poziomemu H a $M_1=H.h$ (przy obciążeniu rozpory), więc otrzymamy na N:

$$N=H=\frac{M_1}{h}. \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

Po wstawieniu w równaniu 31 wartości za N otrzymamy:

$$M_1\left[\tfrac{2}{3}h.\frac{1}{I_0}+l.\frac{1}{I_1}+\frac{l}{F.h^2}\right]=-\frac{O}{I_1},$$

skąd:

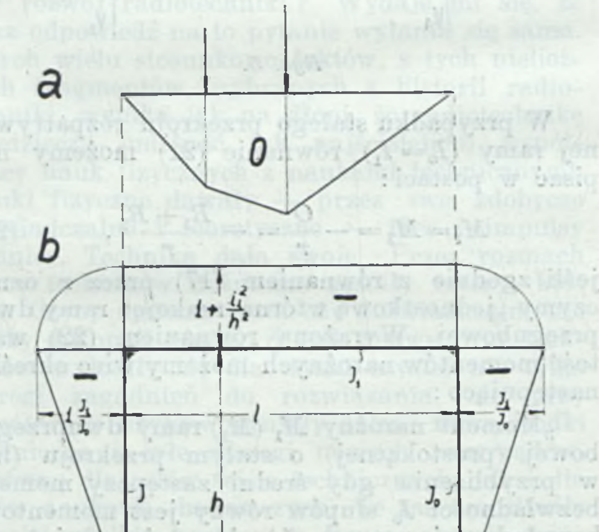
$$M_1=-\frac{O}{\frac{2}{3}h\frac{I_1}{I_0}+l\left(1+\frac{I_1}{F h^2}\right)}=$$

$$=-\frac{O}{\frac{2}{3}h.\frac{I_1}{I_0}+l.\left[1+\left(\frac{i_1}{h}\right)^2\right]}, \quad (33)$$

jeśli za I_1 w nawiasie mianownika wstawimy:

$$I_1=F.i_1^2. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

W równaniu (33) O przedstawia, jak w równaniu (21), powierzchnię zwykłych momentów zginających rozpory (ryc. 7 *a*), i_1 ramię momentu bezwładności rozpory, h wysokość słupów. Mianownik tego równania różni się w drugim wyrazie (od mianownika równ. 21) tym, że wysokość powierzchni jednostkowej (równa jedności) zwiększona jest o czynnik $\left(\frac{i_1}{h}\right)^2$ (por. ryc. 7 *b*).



Ryc. 7.

Jeśli $\frac{I_1}{I_0}$ uważać będziemy za *zastępczą wysokość* „powierzchni jednostkowych" słupów a $\left[1+\left(\frac{i_1}{h}\right)^2\right]$ za *zastępczą wysokość* „powierzchni jednostkowej" rozpory, to równanie (33) napisać możemy w postaci:

$$M_1=M_2=-\frac{O}{r'}=-\frac{R_1+R_2}{r'}, \quad . \quad (35)$$

jeśli pod r' rozumieć będziemy sumę oddziaływań jednostkowych powierzchni o zastępczych wysokościach $\frac{I_1}{I_0}$ (w słupach) i $\left[1+\left(\frac{i_1}{h}\right)^2\right]$ (w rozporze), jak to uwidoczniono w rycinie 7 *b*[1]).

[1]) Wysokości te nie są sobie równe, jak błędnie zaznaczono w rysunku.

Rama prostokątna o słupach utwierdzonych.

Dla rozwiązania danego zagadnienia zastosujemy równania (7), które napiszemy odrazu w postaci równań wtórnych oddziaływań (por. ryc. 8 *a*). Otrzymamy:

$$\mathfrak{R}_2 + \mathfrak{R}_3 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36\,a)$$

$$\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_4 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36\,b)$$

$$\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36\,c)$$

$$\mathfrak{R}_3 + \mathfrak{R}_4 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36\,d)$$

jeśli przez $\mathfrak{R}_1$, $\mathfrak{R}_2$.. oznaczymy sumę wtórnych oddziaływań (z dwu prętów schodzących się w dawnym narożu 1, 2..) powierzchni momentów zginających zredukowanych w stosunku $1 : EI$. A więc np. reakcja $\mathfrak{R}_2$ oznacza:

$$\mathfrak{R}_2 = \int \frac{M_{12}}{EI} \cdot \frac{z}{h}\, dz + \int \frac{M_{23}}{EI} \cdot \frac{x}{l}\, dx \quad . \quad (37)$$

Obciążenie rozpory.

Ustawiamy warunek sumy wtórnych oddziaływań zgodnie z równ. 36 (ryc. 8). Otrzymujemy równania:

$$\frac{1}{I_0}\left[(M_1 + M_4) \cdot \tfrac{1}{6}\, h - (M_2 + M_3) \cdot \tfrac{1}{3}\, h\right] + \\ + \frac{1}{I_1}\left[O - (M_2 + M_3) \cdot \tfrac{1}{2}\, l\right] = 0 \quad . \; (38\,a)$$

$$\frac{1}{I_0}\left[(M_1 + M_4) \cdot \tfrac{1}{3}\, h - (M_2 + M_3) \cdot \tfrac{1}{6}\, h\right] = 0 \; . \quad . \; (38\,b)$$

$$\frac{1}{I_0}(M_1 - M_2) \cdot \tfrac{1}{2}\, h + \\ + \frac{1}{I_1}(R_2 - \tfrac{1}{3} M_2 \cdot l - \tfrac{1}{6} M_3\, l) = 0 . \quad . \; (38\,c)$$

$$\frac{1}{I_0}(M_4 - M_3) \cdot \tfrac{1}{2}\, h + \frac{1}{I_1}(R_3 - \tfrac{1}{6} M_2\, l - \tfrac{1}{3} M_3\, l) = 0 \; (38\,d)$$

W powyższych równaniach wtórnych oddziaływań oznaczyliśmy przez R_2 oddziaływanie wtórne w narożu 2 zwykłej powierzchni momentów (dodatnich) wywołanej obciążeniem rozpory, przez R_3 analogiczne wtórne oddziaływanie w węźle 3. Suma oddziaływań powierzchni trójkątnych dodatnich o podstawie M_1 i M_4 a wysokości h w narożach 2 i 3 wynosi:

$$(M_1 + M_4) \cdot \tfrac{1}{2}\, h \cdot \tfrac{1}{3} = (M_1 + M_4) \cdot \tfrac{1}{6}\, h$$

suma oddziaływań tych samych powierzchni w narożach 1 i 4 ma wartość $(M_1 + M_4) \cdot \frac{1}{3}\, h$ itd.

Przy obciążeniu rozpory momenty M_2 i M_3 mają zawsze znak ujemny, momenty M_1 i M_4 zawsze znak dodatni.

Dla ustawienia warunku równowagi (statycznej) wyobraźmy sobie, przecięcie słupów w bezpośredniej bliskości naroży 2 i 3. Z warunku momentów wynika związek:

$$M_1 + M_2 - H \cdot h - M_3 - M_4 + H \cdot h = 0, \quad (39)$$

skąd (w wartościach bezwzględnych):

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_4 \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

Przy przyjętym sposobie oznakowania równanie (40) napiszemy w postaci:

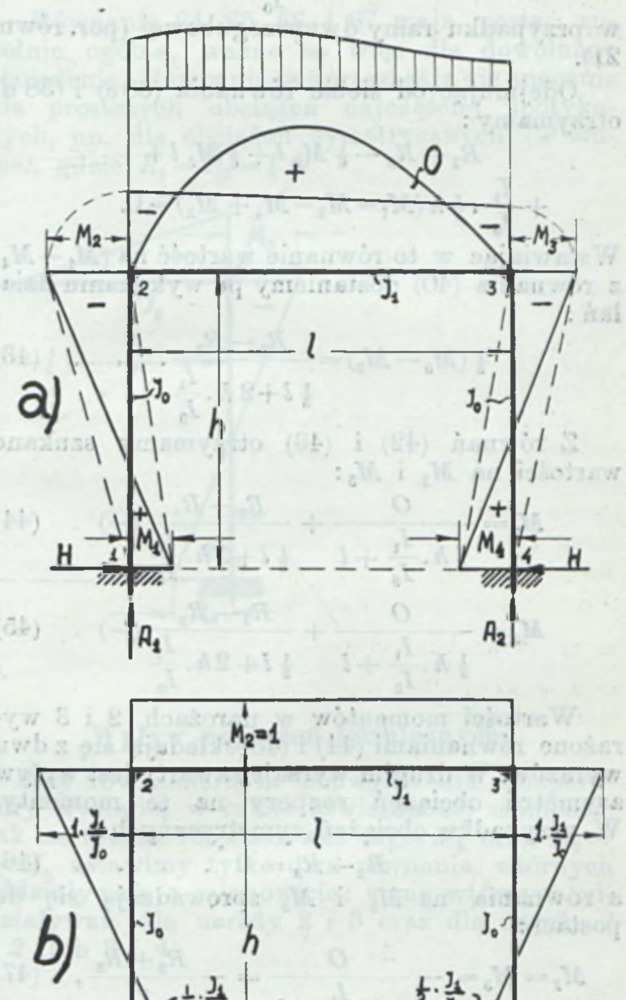
$$M_1 - M_2 = M_4 - M_3 \quad . \quad . \quad . \quad . \; (40\,a)$$

Równania (38) przy uwzględnieniu warunku równowagi wyrażonego równaniem (40 *a*) pozwolą nam na wyznaczenie szukanych momentów M_1, M_2, M_3 i M_4.

Z równania (38 *b*) otrzymujemy wartość momentów $(M_1 + M_4)$:

$$M_1 + M_4 = \tfrac{1}{2}(M_2 + M_3) . \quad . \quad . \quad (41)$$

Jak z powyższego równania wynika suma momentów utwierdzenia $(M_1 + M_4)$ równa jest połowie sumy momentów węzłowych $(M_2 + M_3)$ (analogia do momentu utwierdzenia belki ciągłej w przęśle nie obciążonym).



Ryc. 8.

Wstawiając w równanie (38 *a*) ostatnią wartość na $M_1 + M_4$ dostaniemy po wykonaniu działań matematycznych:

$$\tfrac{1}{2}(M_2 + M_3) = \frac{O}{\tfrac{1}{2}\, h \cdot \dfrac{I_1}{I_0} + l} = \frac{R_2 + R_3}{\tfrac{1}{2}\, h \cdot \dfrac{I_1}{I_0} + l} . \quad (42)$$

Mianownik równania (42) przedstawia sumę wtórnych oddziaływań jednostkowej powierzchni momentów zginających w narożach 2 i 3 o wysokości zredukowanej $1 \cdot \frac{I_1}{I_0}$ w słupach (por. ryc. 8 *b*) (moment o wartości 1 działający w górnym narożu słupa jako podporze swobodnej wywołuje w punkcie utwierdzenia moment

równy $^1/_2$). Suma *oddziaływań jednostkowych* powierzchni trójkątnych w słupach w narożach 2 i 3 ramy równa jest $\frac{1}{3} h - \frac{1}{6} . \frac{1}{2} h = \frac{1}{4} h$.

Równanie (42) podaje nam więc, że średnia wartość momentów zginających w narożach 2 i 3 równa jest sumie oddziaływań powierzchni zwykłych momentów zginających (równa tejże powierzchni) podzielonej przez sumę oddziaływań jednostkowej powierzchni zredukowanej w słupach w stosunku $\frac{I_1}{I_0}$, analogicznie jak w przypadku ramy dwuprzegubowej (por. równ. 21).

Odejmując od siebie równania (38 *c*) i (38 *d*) otrzymamy:

$$R_2 - R_3 - \frac{1}{6} M_2 l + \frac{1}{6} M_3 l + + \frac{I_1}{I_0} . \frac{1}{2} h (M_1 - M_2 - M_4 + M_3) = 0.$$

Wstawiając w to równanie wartość na $(M_1 - M_4)$ z równania (40) dostaniemy po wykonaniu działań:

$$\frac{1}{2}(M_3 - M_2) = \frac{R_3 - R_2}{\frac{1}{3} l + 2 h . \frac{I_1}{I_0}} . \quad . \quad (43)$$

Z równań (42) i (43) otrzymamy szukane wartości na M_2 i M_3:

$$M_2 = \frac{O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} + \frac{R_2 - R_3}{\frac{1}{3} l + 2 h . \frac{I_1}{I_0}} (-) \quad . \quad (44)$$

$$M_3 = \frac{O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} + \frac{R_3 - R_2}{\frac{1}{3} l + 2 h . \frac{I_1}{I_0}} (-) \quad (45)$$

Wartości momentów w narożach 2 i 3 wyrażone równaniami (44) i (45) składają się z dwu wyrazów. W drugim wyrazie zawarty jest wpływ asymetrii obciążeń rozpory na te momenty. W przypadku obciążeń symetrycznych:

$$R_2 - R_3 = 0 \quad . \quad (46)$$

a równania na M_2 i M_3 sprowadzają się do postaci:

$$M_2 = M_3 = -\frac{O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} = -\frac{R_2 + R_3}{r'}, \quad (47)$$

gdy przez r' oznaczymy sumę *jednostkowych oddziaływań* (zredukowanych) w narożach 2 i 3.

Wartości na M_1 i M_4 otrzymamy z równań (41) i (40) po wstawieniu uzyskanych powyżej wartości na M_2 i M_3. Po wykonaniu działań matematycznych dostajemy:

$$M_1 = \frac{\frac{1}{2} O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} + \frac{R_3 - R_2}{\frac{1}{3} l + 2 h . \frac{I_1}{I_0}} (+) \quad (48)$$

$$M_4 = \frac{\frac{1}{2} O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} + \frac{R_2 - R_3}{\frac{1}{3} l + 2 h . \frac{I_1}{I_0}} (+) \quad (49)$$

Równania (48) i (49) przedstawione są w postaci analogicznej, jak równania (44) i (45). Z postaci tych równań wynika, że przy przesuwaniu się wypadkowej z obciążeń rozpory np. ku narożu 2 wzrastają wartości momentów M_2 i M_4 a maleją momenty M_3 i M_1. W przypadku symetrii obciążenia drugi wyraz znika, otrzymujemy:

$$M_1 = M_4 = \frac{\frac{1}{2} O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} = \frac{1}{2} M_2 \; (+). \quad (50)$$

Po wyznaczeniu wartości momentów węzłowych obliczenie parcia poziomego i oddziaływań nie przedstawia już żadnych trudności. Z warunku momentów ze względu na punkt 2 mamy:

$$M_1 + M_2 = H . h, \quad . \quad . \quad (51)$$

skąd:

$$H = \frac{1}{h} (M_1 + M_2)$$

a po wstawieniu wartości:

$$H = \frac{\frac{3}{2} O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} . \frac{1}{h} . \quad . \quad . \quad (52)$$

Oddziaływania A_1 i A_2:

$$A_1 = \mathfrak{A}_1 + \frac{M_2 - M_3}{l} = \mathfrak{A}_1 + \frac{2 (R_2 - R_3)}{\frac{1}{3} l + 2 h . \frac{I_1}{I_0}} \quad (53)$$

$$A_2 = \mathfrak{A}_2 - \frac{M_2 - M_3}{l} = \mathfrak{A}_2 - \frac{2 (R_2 - R_3)}{\frac{1}{3} l + 2 h . \frac{I_1}{I_2}}, \quad (54)$$

gdzie $\mathfrak{A}_1$, $\mathfrak{A}_2$ oznaczają oddziaływania, jak w belce wolno podpartej.

1. Przykład. Obciążenie jednostajne zupełne. Ponieważ mamy tu do czynienia z obciążeniem symetrycznym, więc w równaniach na momenty znikają drugie wyrazy. Wystarcza nam w danym przypadku znajomość powierzchni zwykłych momentów:

$$O = \frac{2}{3} . \frac{1}{8} q l^2 . l = \frac{1}{12} q l^3.$$

Otrzymamy:

$$M_2 = M_3 = \frac{O}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} = \frac{\frac{1}{12} q l^3}{\frac{1}{2} h \frac{I_1}{I_0} + l} = = \frac{q l^2}{6 (k + 6)} (-) \quad . \quad (55)$$

jeśli przez k oznaczymy znaną wartość stosunków:

$$k = \frac{h}{l} \frac{I_1}{I_0} \quad . \quad . \quad . \quad (56)$$

$$M_1 = M_4 = \frac{1}{2} M_2 = \frac{q l^2}{12 (k + 6)} \quad (57)$$

$$H = \frac{\frac{3}{2} . \frac{1}{12} q l^3}{\frac{1}{2} h . \frac{I_1}{I_0} + l} \frac{1}{h} = \frac{q l^2}{4 (k + 2) . h} \quad (58)$$

$$A_1 = A_2 = \frac{1}{2} q l . \quad . \quad . \quad . \quad (59)$$

Obciążenie słupa.

W przypadku obciążenia słupa otrzymujemy rozkład momentów, jak w ryc. 9. Przy tego rodzaju obciążeniu momenty M_1 i M_3 są zawsze ujemne, momenty M_2 i M_4 zawsze dodatnie.

Warunek wtórnych oddziaływań daje nam następujące cztery równania:

$$\frac{1}{I_0}\left[(M_2-M_3)\cdot\tfrac{1}{3}h+(M_4-M_1)\cdot\tfrac{1}{6}h+R_2\right]+$$

$$+\frac{1}{I_1}(M_2-M_3)\cdot\tfrac{1}{2}l=0 \quad . \quad . \quad . (60a)$$

$$\frac{1}{I_0}\left[(M_2-M_3)\cdot\tfrac{1}{6}h+(M_4-M_1)\cdot\tfrac{1}{3}h+R_1\right]=0 \quad (60b)$$

$$\frac{1}{I_0}\left[(M_2-M_1)\cdot\tfrac{1}{2}h+O\right]+$$

$$+\frac{1}{I_1}(\tfrac{1}{3}M_2\,l-\tfrac{1}{6}M_3\,l)=0 \quad . \quad . \quad . (60c)$$

$$\frac{1}{I_0}\left[(M_4-M_3)\cdot\tfrac{1}{2}h\right]+\frac{1}{I_1}(\tfrac{1}{6}M_2\,l-\tfrac{1}{3}M_3\,l)=0 \quad (60d)$$

Jako warunek równowagi otrzymujemy równanie:

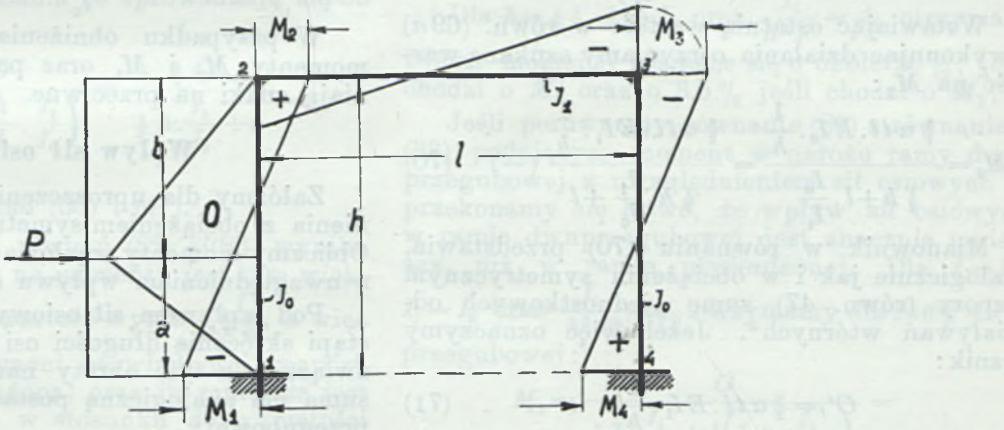
$$M_1+M_2+M_3+M_4-(H_1+H_4)\cdot h+P\,b=0$$

$$+\tfrac{1}{2}\cdot\frac{\tfrac{1}{2}R_1-R_2}{\tfrac{1}{2}h+l\cdot\frac{I_0}{I_1}}(-) \quad . \quad . \quad (66)$$

$$M_4=\tfrac{1}{2}Pa-\frac{3R_1}{2h}-\frac{\tfrac{1}{2}Pah-O}{2h+\tfrac{1}{3}l\cdot\frac{I_0}{I_1}}-$$

$$-\tfrac{1}{2}\cdot\frac{\tfrac{1}{2}R_1-R_2}{\tfrac{1}{2}h+l\cdot\frac{I_0}{I_1}}(+) \quad . \quad . \quad (67)$$

Równania 64, 65, 66 i 67 mają postać zupełnie ogólną, ważne są więc dla dowolnego obciążenia. Równania te upraszczają się znacznie dla prostszych obciążeń najczęściej spotykanych, np. dla obciążeń symetrycznych (w słupie), gdzie $R_1=R_2=\tfrac{1}{2}O$.



Ryc. 9.

Ponieważ $H_1+H_4=P$ otrzymamy:

$$M_1+M_2+M_3+M_4=P(h-b)=Pa. \quad . \quad (61)$$

Z równań (60*a*) i (60*b*) dostaniemy (po wstawieniu w (60*a*) wartości na M_4-M_1 z równ. (60*b*) i wykonanie działań:

$$M_2-M_3=\frac{\tfrac{1}{2}R_1-R_2}{\tfrac{1}{4}h+\tfrac{1}{2}l\cdot\frac{I_0}{I_1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (62)$$

Po odjęciu równania (60*d*) od równ. (60*c*) i uwzględnieniu warunku równowagi otrzymamy:

$$M_2+M_3=\frac{\tfrac{1}{2}Pah-O}{h+\tfrac{1}{6}l\cdot\frac{I_0}{I_1}} \quad . \quad . \quad . \quad (63)$$

Z równań (62) i (63) obliczymy M_2 i M_3:

$$M_2=\frac{\tfrac{1}{2}Pah-O}{2h+\tfrac{1}{3}l\cdot\frac{I_0}{I_1}}+\frac{\tfrac{1}{2}R_1-R_2}{\tfrac{1}{2}h+l\cdot\frac{I_0}{I_1}}(+) \quad (64)$$

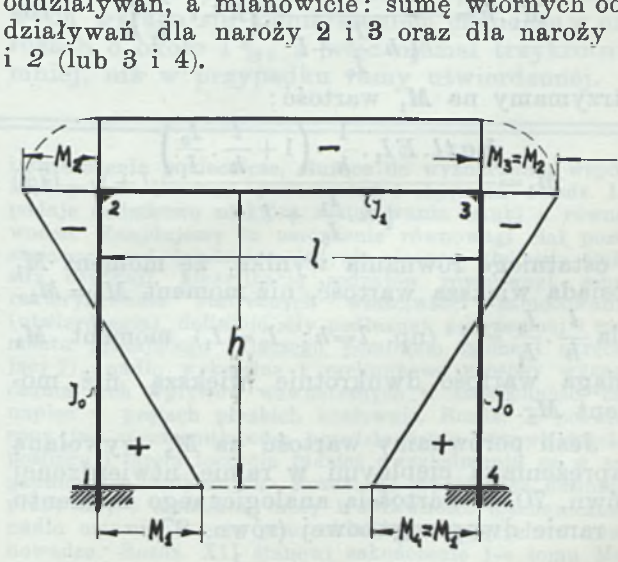
$$M_3=\frac{\tfrac{1}{2}Pah-O}{2h+\tfrac{1}{3}l\cdot\frac{I_0}{I_1}}-\frac{\tfrac{1}{2}R_1-R_2}{\tfrac{1}{2}h+l\cdot\frac{I_0}{I_1}}(-) \quad (65)$$

W analogiczny sposób z równań (60*b*) i (61) obliczymy M_1 i M_4:

$$M_1=\tfrac{1}{2}Pa+\frac{3R_1}{2h}-\frac{\tfrac{1}{2}Pah-O}{2h+\tfrac{1}{3}l\cdot\frac{I_0}{I_1}}+$$

Wpływ naprężeń termicznych.

Przy równomiernym podwyższeniu temperatury wystąpią w ramie utwierdzonej momenty, jak na rycinie 10. Ponieważ $M_2=M_3$ oraz $M_1=M_4$ ustawimy tylko dwa równania wtórnych oddziaływań, a mianowicie: sumę wtórnych oddziaływań dla naroży 2 i 3 oraz dla naroży *1* i *2* (lub 3 i 4).



Ryc. 10.

Warunek wtórnych oddziaływań dla węzłów *1* i *2* ma postać:

$$\tfrac{1}{2}(M_1 - M_2).h.\frac{1}{I_0} - \tfrac{1}{2} M_2\, l.\frac{1}{I_1} = 0. \quad (68)$$

Równanie wtórnych oddziaływań dla naroży *2* i *3* nie ma tu wartości zerowej, lecz wartość:

$$\varphi_1 + \varphi_2 = \frac{\alpha t l}{h}$$

(por. równ. 24) analogicznie, jak w ramie dwuprzegubowej. Otrzymamy więc drugie równanie w postaci:

$$2(\tfrac{1}{6} M_1\, h - \tfrac{1}{3} M_2\, h).\frac{1}{E I_0} - M_2 l.\frac{1}{EI_1} = -\frac{\alpha t l}{h} \quad (69)$$

lub też:

$$\tfrac{1}{3} M_1 .h - M_2\left(\tfrac{2}{3} h + l.\frac{I_0}{I_1}\right) = -\frac{\alpha\, tl.EI_0}{h}. \quad (69a)$$

Obliczamy wartość na $M_1 h$ z równ. (68):

$$M_1\, h = M_2\left(h + l.\frac{I_0}{I_1}\right). \quad . \quad . \quad . \quad (68a)$$

Wstawiając ostatnią wartość w równ. (69 *a*) i wykonując działania otrzymamy szukaną wartość na M_2:

$$M_2 = \frac{\tfrac{3}{2}\alpha\, tl.EI_0.\frac{1}{h}}{\tfrac{1}{2}h + l.\frac{I_0}{I_1}} = \frac{\tfrac{3}{2}\alpha\, tl.EI_1.\frac{1}{h}}{\tfrac{1}{2}h.\frac{I_1}{I_0} + l} (-) \quad (70)$$

Mianownik w równaniu (70) przedstawia, analogicznie jak i w obciążeniu symetrycznym rozpory (równ. 47) sumę „jednostkowych oddziaływań wtórnych". Jeżeli więc oznaczymy licznik:

$$O'_t = \tfrac{3}{2}\alpha\, tl.EI_1.\frac{1}{h} \quad . \quad . \quad . \quad (71)$$

to równanie (70) możemy napisać w postaci:

$$M_2 = \frac{O_t'}{\tfrac{1}{2}h.\frac{I_1}{I_0} + l} = \frac{O_t'}{r'}. \quad . \quad . \quad (72)$$

Dla obliczenia $M_1 = M_4$ wstawiamy w równaniu (68 *a*) otrzymaną wartość na M_2:

$$M_1 .h = \frac{\tfrac{3}{2}\alpha tl.EI_1.\frac{1}{h}}{\tfrac{1}{2}h.\frac{I_1}{I_0} + l}.\left(h + l.\frac{I_0}{I_1}\right). \quad (73)$$

Otrzymamy na M_1 wartość:

$$M_1 = \frac{\tfrac{3}{2}\alpha tl.EI_1.\frac{1}{h}.\left(1 + \frac{l}{h}.\frac{I_0}{I_1}\right)}{\tfrac{1}{2}h.\frac{I_1}{I_0} + l} (+) \quad (74)$$

Z ostatniego równania wynika, że moment M_1 posiada większą wartość, niż moment $M_2 = M_3$. Dla $\frac{l}{h}.\frac{I_0}{I_1} = 1$ (np. $l = h$; $I_0 = I_1$) moment M_1 osiąga wartość dwukrotnie większą, niż moment M_2.

Jeśli porównamy wartość na M_2 wywołaną naprężeniami cieplnymi w ramie utwierdzonej (równ. 70) z wartością analogicznego momentu w ramie dwuprzegubowej (równ. 27):

$$M_2 = \frac{\alpha tl.EI_1.\frac{1}{h}}{\tfrac{2}{3}h.\frac{I_1}{I_0} + l}$$

to zauważymy, że moment w ramie utwierdzonej jest znacznie większy, niż moment w ramie dwuprzegubowej i to co najmniej o 50%. Wynika to z współczynnika $\frac{3}{2}$ w liczniku równania (70) oraz z mianownika, który w równaniu (70) jest zawsze mniejszy, niż w przypadku belki dwuprzegubowej. W przypadku, gdy $l = h$ oraz $I_1 = I_0$, moment M_2 w ramie utwierdzonej jest o 66,7% większy, niż w ramie dwuprzegubowej.

Przy pomocy wartości M_1 i M_2 otrzymamy łatwo wartość parcia poziomego H_t:

$$H_t = \frac{M_1 + M_2}{h} = \frac{\tfrac{3}{2}\alpha tl\, EI_1.\frac{1}{h^2}\left(2 + \frac{h}{l}.\frac{I_0}{I_1}\right)}{\tfrac{1}{2}h.\frac{I_1}{I_0} + l} (+) \quad . \quad (75)$$

W przypadku obniżenia temperatury o t^0 momenty M_2 i M_1 oraz parcie poziome zmieniają znaki na przeciwne.

Wpływ sił osiowych.

Załóżmy dla uproszczenia, że mamy do czynienia z obciążeniem symetrycznym w rozporze. Obliczmy momenty węzłowe rozpatrywanej ramy z uwzględnieniem wpływu sił osiowych.

Pod wpływem sił osiowych w rozporze nastąpi skrócenie długości osi rozpory o Δl oraz związane z tym obroty naroży *2* i *3*, których suma ma analogiczną postać, jak w ramie dwuprzegubowej:

$$\varphi_1 + \varphi_2 = \frac{\Delta l}{h} = \frac{N.l}{EF.h} = \frac{Hl}{EFh}.$$

Ustawiamy równania wtórnych oddziaływań. Suma wtórnych reakcyj dla naroży *1* i *2* ma postać:

$$\frac{1}{I_1}(R_2 - \tfrac{1}{2} M_2\, l) + \frac{1}{I_0}.\tfrac{1}{2}(M_1 - M_2)h = 0. \quad (76)$$

Suma wtórnych reakcyj dla naroży *2* i *3*:

$$\frac{1}{I_0}(\tfrac{1}{6} M_1\, h - \tfrac{1}{3} M_2\, h).2 + $$

$$+ \frac{1}{I_1}(O - M_2\, l) = -\frac{H\, l}{Fh}. \quad . \quad (77)$$

Ponieważ
$$H = \frac{M_1 + M_2}{h}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (78)$$

wstawiamy więc ją w równaniu (77). Otrzymamy po wykonaniu działań:

$$M_1\left(\tfrac{1}{3}.\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_1 l}{F h^2}\right) -$$

$$- M_2\left(\tfrac{2}{3}h.\frac{I_1}{I_0} + l + \frac{I_1 l}{F h^2}\right) = -O. \quad . \quad (79)$$

Równanie (76) możemy też napisać w postaci:

$$M_1 h\,\frac{I_1}{I_0} - M_2\left(h.\frac{I_1}{I_0} + l\right) = -O, \quad . \quad (80)$$

(gdyż $R_2 = \frac{1}{2} O$), skąd:

$$M_1 = \frac{M_2.\left(h\frac{I_1}{I_0} + l\right) - O}{h.\frac{I_1}{I_0}} \quad . \quad . \quad (81)$$

Przy pomocy równań (77) i (81) otrzymamy po rozwiązaniu i przekształceniach następujące wartości na M_1 i M_2 z uwzględnieniem sił osiowych:

$$M_1 = \frac{O}{l} \cdot \frac{h \frac{I_1}{I_0} - 3 \frac{I_1 l}{h^2 F}}{h \cdot \frac{I_1}{I_0}\left(2 + \frac{h}{l} \cdot \frac{I_1}{I_0}\right) - 3 \frac{I_1 l}{h^2 F}} \ (+) \qquad (82)$$

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{2h \cdot \frac{I_1}{I_0} - 3 \frac{I_1 l}{h^2 F}}{h \cdot \frac{I_1}{I_0} - 3 \frac{I_1 l}{h^2 F}} \ (-) \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \qquad (83)$$

W powyższych równaniach w drugich wyrazach licznika i mianownika zawarty jest wpływ sił osiowych na momenty węzłowe. Jeśli nie będziemy uwzględniać wpływu sił osiowych $\left(\frac{I_1 l}{h^2 F} = O\right)$, to równania te sprowadzają się do postaci:

$$M_1 = \frac{O}{l\left(2 + \frac{h}{l} \frac{I_1}{I_0}\right)} = \frac{\frac{1}{2} O}{\frac{1}{2} h \cdot \frac{I_1}{I_0} + l}$$

$$M_2 = 2 M_1$$

zgodnej z równaniami (50) i (47).

Jak to z postaci równań (82) i (83) wynika wpływ sił osiowych na momenty jest tym większy im większą ma wartość wyraz $\frac{I_1 l}{h^2 F}$, a więc im większy jest moment bezwładności rozpory (rozpora silnie obciążona) oraz im mniejsza jest wysokość słupów h w stosunku do rozpiętości rozpory l.

Jeśli w ustrojach ramowych żelbetowych przyjmiemy jako graniczną wartość:

$$\frac{I_1}{h^2 F} = \frac{1}{20},$$

to dla ramy utwierdzonej o stałym przekroju $I_1 = I_0$ i rozpiętości rozpory równej wysokości słupów, $l = h$, otrzymamy następujące wartości momentów:

$$M_1 = \frac{O}{l} \cdot \frac{l - 3 \cdot \frac{1}{20} l}{l(2+1) - 3 \cdot \frac{1}{20} l} = \frac{17}{57} \frac{O}{l} = 0{,}298 \frac{O}{l}.$$

Ponieważ bez uwzględnienia wpływu sił osiowych moment M_1 ma wartość:

$$M_1 = \frac{\frac{1}{2} O}{\frac{1}{2} h + l} = \frac{\frac{1}{2} O}{\frac{1}{2} l + l} = \frac{1}{3} \frac{O}{l} = 0{,}333 \frac{O}{l}.$$

Rzeczywisty moment utwierdzenia uwzględniający siły osiowe, jest więc mniejszy o wartość $\frac{0{,}333 - 0{,}298}{0{,}333} \cdot 100 = 10{,}5\,\%$.

Moment M_2 osiągnie przy powyższych założeniach wartość:

$$M_2 = 0{,}298 \frac{O}{l} \cdot \frac{2l - 3 \cdot \frac{1}{20} l}{l - 3 \cdot \frac{1}{20} l} = 0{,}650 \frac{O}{l}.$$

W porównaniu z momentem o wartości $0{,}667 \frac{O}{l}$ (bez uwzględnienia sił osiowych) otrzymana wartość przedstawia zmniejszenie o około 2,6 %, a więc mniej, niż przy momencie utwierdzenia.

Dla $h = \frac{1}{2} l$, $I_1 = I_0$ oraz $\frac{I_1}{h^2 F} = \frac{1}{20}$ otrzymalibyśmy momenty różniące się o około 20 %, jeśli chodzi o M_1 oraz o 3,5 % jeśli chodzi o M_2.

Jeśli porównamy równanie (83) z równaniem (33) podającym moment w narożu ramy dwuprzegubowej z uwzględnieniem sił osiowych to przekonamy się łatwo, że wpływ sił osiowych w ramie dwuprzegubowej jest znacznie mniejszy, niż w ramie utwierdzonej. Dla $l = h$; $I_1 = I_0$ oraz $\frac{I_1}{h^2 F} = \frac{1}{20}$ otrzymamy dla ramy dwuprzegubowej:

$$M_2 = \frac{O}{\frac{2}{3} h \cdot \frac{I_1}{I_0} + l\left(1 + \frac{I_1}{h^2 F}\right)} =$$

$$= \frac{O}{\frac{2}{3} l + l\left(1 + \frac{1}{20}\right)} = \frac{60}{101} \frac{O}{l} = 0{,}594 \frac{O}{l}.$$

Wartość momentu bez uwzględnienia sił osiowych wyniesie:

$$M_2 = \frac{O}{\frac{2}{3} l + l} = \frac{3}{5} \frac{O}{l} = 0{,}600 \frac{O}{l}.$$

W danym przypadku ramy wpływ sił osiowych wyraża się zmniejszeniem momentu w narożach o około 1 %, a więc niemal trzykrotnie mniej, niż w przypadku ramy utwierdzonej.

Recenzje i krytyki

Nakładem Towarzystwa Kursów Technicznych w Warszawie wydano w bieżącym roku 1-y tom **„Mechaniki Technicznej" Dra Inż. Stefana Neumarka**, docenta Politechniki Warszawskiej. Tom ten (Form. A5, str. VIII + 328, rys. 317, przykł. 294) obejmuje statykę układów sztywnych pomieszczoną w dwunastu rozdziałach z krótkim wstępem. Treść tych rozdziałów przedstawia się następująco: Rozdz. I omawia na tle trzech zasad Newtona podstawowe pojęcia mechaniki, więc prędkość, przyśpieszenie, masę i siłę. Rozdz. II—VII zaznajamiają czytelnika z redukcją i równowagą układów sił kolejno płaskich zbieżnych, płaskich równoległych i dowolnych, wreszcie analogicznych przestrzennych. Autor wprowadza tu systematyczne pojęcie rzutu i momentu siły w metodzie rachunkowej obok wieloboku zwyczajnego i wieloboku sznurowego w metodzie wykreślnej. Wykład uzupełnia dodatkowymi wyjaśnieniami, np. istoty statycznej niewyznaczalności, praktycznych ograniczeń przesuwności siły wzdłuż przynależnej jej prostej itp. Rozdz. VIII wychodząc z równoległego układu sił nieswobodnych wprowadza pojęcie środka ciężkości tudzież wzory i twierdzenia pomocnicze, służące do wyznaczania współrzędnych środka linii, powierzchni i objętości. Rozdz. IX podaje dodatkowo niektóre zastosowania nauki o równowadze. Znajdujemy tu omówienie równowagi ciał pozostających pod działaniem jedynie ciężaru własnego (jako siły czynnej), klasyfikację rodzajów równowagi, scharakteryzowanie statycznych właściwości zamocowania (utwierdzenia), definicję siły podłużnej, poprzecznej i momentu zginającego (dlaczego pominięto moment skręcający ?), nadto wykreślne i rachunkowe sposoby wyznaczania tych wpływów wewnętrznych w szczególności zaś napięć w prętach płaskich kratownic. Rozdz. X poświęcony jest wyczerpującemu przedstawieniu sprawy tarcia, poślizgu i tarcia toczenia tudzież uwzględnieniu go w zagadnieniach statycznych. Rozdz. XI wprowadza definicję pracy siły i momentu, mocy i sprawności mechanicznej, nadto omawia zasadę prac układów trwających w równowadze. Rozdz. XII stanowi zakończenie 1-o tomu Mechaniki Technicznej. Na treść jego składają się omówienia prostych maszyn i mechanizmów względnie ich zespołów. Tak więc po dodatkowym pojęciu zyskowności mechanicznej zaznajamia nas autor z obliczeniem statycznym dźwigni, rozmaitego rodzaju wag, kilku typów

wielokrążków, przeniesień przez koła zębate, napędów pasowych, wreszcie klinów i śrub.

Książkę p. doc. S. Neumarka charakteryzuje łatwy, przystępny i nierozwlekły wykład; jedynie rozdziały II—VII możnaby nieco skrócić. Metody rachunkowe rozwiązań podawane są równolegle z wykreślnymi. Wykład ilustrowany jest doskonałymi rysunkami. Książka zaopatrzona została w bogaty zbiór prostych i pięknych przykładów, przy czym część z nich zawiera rozwiązanie zupełne; reszta przeznaczona do ćwiczeń czytelnika zawiera zawsze odpowiedź końcową. Pewnej wskazówki do oceny zastosowania omawianego wydania jako podręcznika naukowego stanowić może fakt, iż w książce swej obywa się autor całkowicie bez stosowania rachunku różniczkowego i całkowego. Podstawę książki stanowią wykłady autora na Kursach Budowy Maszyn i Elektrotechniki, organizowanych przez Towarzystwo Kursów Technicznych w Warszawie. Zawartość podręcznika przekracza jednak ramy tych wykładów. Materiał uzupełniający wydrukowany został czcionkami odmiennego kroju. Zależnie tedy od rodzaju przeznaczenia można tą dodatkową treścią rozszerzyć wykład podstawowy, dzięki czemu zastosowanie książki może być dość obszerne, więc począwszy od gimnazjów technicznych a skończywszy na niektórych wydziałach szkół wyższych.

W tym sensie książka p. doc. S. Neumarka zapełnia poważną lukę w polskim piśmiennictwie technicznym. Należy sobie życzyć szybkiego ukazania się tomu 2-go, który zawierać ma naukę o wytrzymałości, nadto kinematykę i dynamikę. *Wł. Burzyński.*

Wśród nowych książek

„Wyrób cementu portlandzkiego" Inż. Stanisław Altman, nakładem Związku Polskich Fabryk Cementu, 1937, stron 82, rysunków 48, cena 1 zł.

Na treść książki składają się rozdziały: Powstanie przemysłu cementowego, historia cementownictwa w Polsce, projektowanie cementowni, palenie, przemiał klinkru, magazynowanie, pakowanie i badanie cementu.

Ze względu na dotychczasowy brak tego rodzaju publikacji w języku polskim i rosnące stale zastosowanie cementu we wszystkich dziedzinach budownictwa, zaznajomienie się z treścią tej książki jest niezbędne dla każdego, kto interesuje się budownictwem.

Z życia Towarzystw Naukowych

Dnia 31 października 1937 r. odbyła się w lokalu Pol. Towarzystwa Politechnicznego piękna i podniosła uroczystość nadania obecnemu Prezesowi P. T. P. Dr Inż. Ottonowi Nadolskiemu godności honorowego członka Polskiego Towarzystwa Leśnego, a to w uznaniu jego wielkich zasług jakie położył jako Rektor Politechniki Lwowskiej w latach 1933—1936 dla sprawy utrzymania Wydziału Leśnego na Politechnice Lwowskiej.

W udekorowanej sali odczytowej zebrali się członkowie Lwowskiego Oddziału Pol. Tow. Leśnego, przedstawiciele Politechniki, Izby Inżynierskiej i miasta Lwowa.

Na wstępie przemówił Prezes Polskiego Towarzystwa Leśnego Prof. Roszkowski skreślając dzieje Pol. Tow. Leśnego istniejącego od przeszło pół wieku, jego cele statutowe i działalność. Dalej przedstawił mówca dzieje projektu zniesienia Wydz. Leśnego i przebieg akcji przeciw temu projektowi prowadzonej zgodnie przez całe społeczeństwo dzielnicy małopolskiej, aż do szczęśliwego jej zakończenia. Na tym odcinku pracy spotkało się Polskie Towarzystwo Leśne z p. Rektorem Nadolskim i ta równoległa działalność wydała owoce.

W uznaniu energicznej i skutecznej działalności dla celów wyższych, które były również celami P. Tow. Leśnego, postanowiono na zjeździe P. Tow. Leśnego w Krakowie b. r. nadać p. Dr Inż. Ottonowi Nadolskiemu godność członka honorowego tegoż Towarzystwa. Uchwałę tę w dniu dzisiejszym wykonuje Lwowski Oddział P. T. L.

Po tym przemówieniu wręczył p. Prezes Roszkowski p. Dr Inż. O. Nadolskiemu pięknie wykonany dyplom honorowego członka P. T. L.

P. Dr Inż. O. Nadolski w krótkim przemówieniu, dziękując za ten zaszczytny dowód uznania ze strony P. T. L., zaznaczył, że całą akcję o zachowanie we Lwowie Wydziału Leśnego prowadził z głębokim przekonaniem o jej słuszności i w przeświadczeniu, że spełnia swój obowiązek.

Następnie przemawiali imieniem Politechniki Lwowskiej p. Rektor Dr Joszt, imieniem Izby Inżynierskiej p. Prorektor P. L. Inż. Ciechanowski, Wydziału Roln.-Lasowego P. L. p. Dziekan Dr Inż. Musierowicz, zaś imieniem P. Tow. Politechnicznego Wiceprezes Inż. Nosowicz, składając p. Prezesowi Nadolskiemu serdeczne życzenia, za co p. Prezes Nadolski raz jeszcze dziękował.

Komunikaty

P. Inż. Ernest Nechay prosi Redakcję Czasopisma Technicznego o zamieszczenie poniżej podanego wyjaśnienia:

„Mapka dołączona do pracy mojej pod tyt. „Żupy solne Małopolskie" umieszczonej w księdze pamiątkowej Pol. Towarzystwa Politechnicznego wydanej w r. 1937, opracowana została swego czasu przez WPana Wincentego Pietraszkiewicza i jest kopią tegoż opracowania, umieszczonego w Nr 1 z r. 1936 kwartalnika „Szczęść Boże", wydawanego przez Stowarzyszenie Pracowników Monopolu solnego".

Inż. Ernest Nechay.

Do zeszytu 20 z b. r. dodano Nr 4 „Wiadomości Kongresowych" dla tych Członków P. T. P., którzy nie brali udziału w P. P. Kongresie Inżynierów oraz czeki P. K. O. dla wszystkich Członków P. T. P. w celu ułatwienia wpłaty wkładek członkowskich.

„CZASOPISMO TECHNICZNE" WYCHODZI 10-GO i 25-GO KAŻDEGO MIESIĄCA.

Ceny ogłoszeń jednorazowych:

1/1 str. zł. 240; 1/2 str. zł. 140
1/4 „ „ 80; 1/8 „ „ 50
1/16 „ „ 30; 1/32 „ „ 20

Ogłoszenia na miejscach specjalnie rezerwowanych o 25% drożej. Dla ogłoszeń o zaofiarowaniu lub poszukiwaniu pracy opust 50%.

Adres Redakcji i Administracji: Lwów ul. Zimorowicza l. 9.

Telefon Redakcji 226-60. Telefon Redaktora 236-46. Konto P. K. O. 151.857.

Prenumerata w kraju: rocznie zł. 32; kwartalnie zł. 8.

Cena pojedyńczego zeszytu zł. 1·60.

Redaktor i Administrator Inż T. Laskiewicz. Nakładem Polskiego Tow. Politechnicznego w Lwowie.